UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**O MAGMATISMO NA SERRA DO MAR E
ADJACÊNCIAS (SUL DO BRASIL) NO FINAL DO
PROTEROZÓICO E SEUS CONDICIONANTES
TECTÔNICOS**

PEDRO FRANCISCO TEIXEIRA KAUL

Orientador: Prof. Dr. Umberto Giuseppe Cordani

TESE DE DOUTORAMENTO

COMISSÃO JULGADORA

Nome

Assinatura

Presidente: Prof. Dr. Umberto Giuseppe Cordani

Examinadores: Prof. Dr. Alberto Pio Fiori

Prof. Dr. Eberhard Wernick

Prof. Dr. Marcio Martins Pimentel

Prof. Dr. Silvio Roberto Farias Vlach

SÃO PAULO
1997

Para

Carmen,

Sérgio, Ana Paula,

Márcia e Maurício

O MAGMATISMO NA SERRA DO MAR E ADJACÊNCIAS (SUL DO
BRASIL) NO FINAL DO NEOPROTEROZÓICO E SEUS
CONDICIONANTES TECTÔNICOS

SUMÁRIO

Agradecimentos	V
Resumo	VII
Abstract	IX
Abreviações	XI
Índice de Figuras.....	XII
Índice de Quadros.....	XVIII
Introdução, Objetivos e Métodos	XIX
Aspectos do Meio Natural: Relevo, Hidrografia, Clima, Solo e Vegetação	XXVI

Capítulo 1

CONTEXTO TECTÔNICO-GEOTECTÔNICO	1
1.1 - Domínios tectônicos	4
1.1.1 - Domínio Luís Alves	4
1.1.2 - Domínio Ribeira	7
1.1.3 - Domínio Dom Feliciano	13
1.1.4 - Domínio Paranaguá	13
1.2 - As sucessivas idéias sobre a compartimentação geotectônica da SPS	16
1.3 - Modelo de compartimentação geotectônica da SPS adotado no presente trabalho	25

Capítulo 2

CONTEXTO PLUTONO-VULCANO-SEDIMENTAR.....	29
2.1 - Maciços graníticos e diques ácidos.....	29
2.2 - Derrames vulcânicos e sequências vulcano-sedimentares.....	32

Capítulo 3

MAGMATISMO	35
3.1 - Evolução dos conhecimentos	35
3.2 - Descrições e características composicionais das manifesta- ções magmáticas.....	61
3.2.1 - Maciços graníticos.....	61
3.2.1.1 - Granito Agudos.....	61
3.2.1.1.1 - Aspectos Gerais.....	61
3.2.1.1.2 - Caracterização Petrográfica	66
A - Unidade Piador-Cabral	66
B - Unidade Lavras	66
C - Unidade Serra do Tronco	67
D - Unidade Rio Palmito 1	70
E - Unidade Rio Palmito 2.....	71

F - Corpos Gabro-Dioríticos Associados	71
3.2.1.1.3 - Geoquímica	72
3.2.1.2 - Granito Morro Redondo	91
3.2.1.2.1 - Aspectos Gerais.....	91
3.2.1.2.2 - Caracterização petrográfica	95
A - Unidade Papanduva.....	95
B - Unidade Quiriri.....	96
C - Rochas Vulcânicas Associadas.....	97
3.2.1.2.3. - Geoquímica	99
3.2.1.3 - Granito Anhangava.....	113
3.2.1.3.1 - Aspectos Gerais.....	113
3.2.1.3.2 - Caracterização petrográfica	117
A - Unidade Serra do Baitaca	117
B - Unidade Serra da Boa Vista.....	120
C - Unidade Roça Nova.....	122
3.2.1.3.3 - Geoquímica	124
3.2.1.4 - Granito Graciosa	140
3.2.1.4.1. - Aspectos Gerais.....	140
3.2.1.4.2 - Caracterização petrográfica	144
A - Biotita± hornblenda sienogranitos.....	144
B - Hornblenda biotita álcali-feldspato granito	145
C - Hornblenda biotita monzonito.....	146
D - Arfvedsonita álcali-feldspato granito.....	146
3.2.1.4.3 - Geoquímica	147
3.2.1.5 - Granito Marumbi.....	162
3.2.1.5.1 -Aspectos gerais	162
3.2.1.5.2 - Caracterização petrográfica	163
3.2.1.5.3 - Geoquímica	163
3.2.1.6 - Granito Mandira	177
3.2.1.6.1 - Aspectos gerais	177
3.2.1.6.2 - Caracterização petrográfica	179
A - Unidade Acaraú.....	179
B - Unidade Mandira.....	180
C - Unidade Mandira 1	180
D - Rochas resultantes de alterações tardi e pós-magmática.....	181
3.2.1.7 - Granito Guaraú.....	182
3.2.1.7.1 - Aspectos Gerais.....	182
3.2.1.7.2 - Caracterização petrográfica	184
A - Unidade Desembarque	184
B - Unidade Azeite.....	185
C - Rochas resultantes de alterações tardi a pós-magmáticas	185
D - Granitos pórfiros	186
3.2.1.8 - Granito Corupá.....	188
3.2.1.8.1 - Aspectos Gerais.....	188
3.2.1.8.2 - Caracterização petrográfica	191
3.2.1.8.3 - Geoquímica	192
3.2.1.9 - Granito Alto Turvo	204
3.2.1.10 - Granito Dona Francisca e Granito Piraí	207

3.2.1.10.1 - Aspectos gerais e caracterização petrográfica	207
3.2.1.10.2 - Geoquímica.....	207
3.2.1.11 - Granito Serra Alta	213
3.2.1.12 - Granito Serra da Igreja	213
3.2.2 - Diques ácidos e manifestações vulcânicas.....	216
3.3 - Geocronologia.....	219
3.3.1 - Análises Rb-Sr.....	223
3.3.1.1 -Granito Agudos	223
3.3.1.2 - Granito Morro Redondo	224
3.3.1.3 - Granito Graciosa	225
3.3.1.4 - Granito Anhangava.....	226
3.3.1.5 - Granito Corupá.....	227
3.3.1.6 - Maciços Dona Francisca, Pirai, Serra da Igreja, Marumbi, Alto Turvo, Guaraú e Mandira	228
3.3.2 - Análises K-Ar	228
3.3.3 - Análises Sm-Nd.....	229
3.3.4 - Conclusões	229
 Capítulo 4	
CONDICIONANTES TECTÔNICOS.	236
 Capítulo 5	
EVOLUÇÃO TECTONO-MAGMÁTICA DA SMA	243
5.1 - A aglutinação do Gondwana e seus reflexos tectono-magmáticos no Cráton de Luís Alves	243
5.2 - Épocas de formação das rochas magmáticas	245
5.3 - Caracterização do material granítico	247
5.4 - Relacionamento entre vulcânicas ácidas e granitóides.....	252
5.5 - Rejuvenescimento nos sistemas químicos	253
 Capítulo 6	
CONSIDERAÇÕES FINAIS	254
 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	256
 <u>Apêndices:</u>	
1 - Dados geoquímicos.	274
2 - Dados geocronológicos	285
 <u>Pranchas fotográficas:</u>	
1 - Granito Agudos.....	89
2 - Granito Morro Redondo	111
3 - Granito Anhangava.....	183
4 - Granito Graciosa	160

5 - Granito Marumbi.....	175
6 - Granito Corupá	202
7 - Granito Dona Francisca	211

Anexo:

1 - Esboço Geotectônico do Pré-Cambriano de Parte dos Estados de Santa Catarina, Paraná e São Paulo	
---	--

Agradecimentos

A realização do presente trabalho teve a colaboração de muitas pessoas, bem como de alguns órgãos públicos. A todos dirigimos sinceros agradecimentos, desejando destacar:

-Prof. Dr. Umberto G. Cordani, pela orientação, estímulo e revisão do trabalho.

-Ulisses Pastore, chefe da Divisão de Geociências da Região Sul (DIGEO/SUL) do IBGE, onde exercemos nossas atividades profissionais, pelo apoio, compreensão e amizade.

-José Marcos Moser, da DIGEO/SUL, por seu elevado espírito de coleguismo, e apoio inestimável na digitação de grande parte deste texto e na elaboração final do esboço geotectônico (anexo I).

-Companheiros de trabalho da DIGEO/SUL, por colaborações em diferentes fases deste trabalho. Nomeadamente: Pedro Furtado Leite, Rogério de Oliveira Rosa, Maria Virgínia Fischel, Sérgio Ferreira, Jair Souza Cardoso, Maria Lúcia Vieira, Gláucia da Silva e Bárbara Simas.

-Profs. Drs. Valdecir de Assis Janasi e Oswaldo Siga Júnior, do Instituto de Geociências da USP, por auxílio, respectivamente, na caracterização petrográfica das amostras de granitóides e nas interpretações dos dados radiométricos Rb-Sr. Ao último, agradecemos também pelas proveitosas discussões, mantidas em várias oportunidades, sobre a evolução geológicogeotectônica da região em estudo.

-Profs. Drs. Benjamim Bley de Brito Neves e Ian McReath, igualmente do Instituto de Geociências da USP, respectivamente por discussões elucidativas sobre aspectos geotectônicos importantes de terrenos pré-cambrianos e por ajuda na interpretação dos dados geoquímicos dos maciços graníticos.

-Prof. Dr. Pierre Sabaté, do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia (UFBA), pela amizade e troca de idéias, em várias oportunidades sobre geoquímica de granitóides.

-Prof. Elimar Trein, da Universidade do Paraná (UFPR), que forneceu valiosas informações a respeito de acesso a determinados locais de alguns maciços graníticos.

-Profa. Dra. Sandra Maria de Arruda Furtado, da Universidade Federal de Santa Catarina, que muito gentilmente pôs à nossa disposição o Laboratório de Geologia desta universidade, para exame de lâminas delgadas de amostras de granitóides.

-Profa. Alba Azzouni Sekkai, do Instituto de Ciências da Terra, de Argel (Argélia), com quem temos mantido proveitosa correspondência sobre os maciços graníticos do Hoggar (Argélia).

-Geólogos Edir Edemir Arioli e Gil Piekars, da MINEROPAR, Curitiba (PR), que facilitaram contatos nesta empresa para obtenção de apoio aos trabalhos de campo.

-Sr. Henrique Schmidtlin (o "Vita"), da Secretaria da Cultura do Estado do Paraná, Curitiba, através de quem conhecemos montanhistas que auxiliaram em alguns deslocamentos de campo.

-Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que nos concedeu licença para que realizássemos este trabalho.

-Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) que, com a concessão de recursos financeiros (processo 89/1615-8) tomou possível diferentes etapas deste estudo.

-Minerais do Paraná S.A (MINEROPAR), que com seu apoio logístico, através de fornecimento de veículo e motorista, bem como de alojamento na cidade de Morretes (PR), viabilizou grande parte dos trabalhos de campo.

Resumo

O Cráton de Luís Alves, no qual se localiza a região em estudo (SMA, Serra do Mar e áreas vizinhas, Sul do Brasil), foi envolvido, no final do Neoproterozóico, na aglutinação do "Supercontinente de Gondwana". Como consequência, várias zonas tectônicas antigas foram reativadas, bem como novas zonas tectônicas se formaram. A litosfera continental foi submetida periodicamente a esforços horizontais de modo que, durante um pequeno intervalo de tempo, ao redor de 580 M.a., falhamentos tensionais ocorreram, primeiramente segundo N20-30W (correspondentes a distensão na direção NE-SW) e posteriormente segundo N50-60E (correspondentes a distensão na direção NW-SE). Em tais falhamentos se alojaram vários maciços graníticos, tendo aqueles sido condutos, também, dos magmas que originaram manifestações vulcânicas e diques ácidos, associados a estruturas do tipo gráben. Os maciços graníticos (ou, simplesmente, "granitos") são conhecidos pelas denominações de: Agudos, Morro Redondo, Anhangava, Graciosa, Marumbi, Mandira, Guaraú, Corupá, Alto Turvo, Dona Francisca, Piraí, Serra Alta e Serra da Igreja. Eles são compostos por quatro tipos de granitóides: 1 - *granitóides metaluminosos* (que predominam largamente na SMA); 2 - *granitóides fracamente peraluminosos*; 3 - *granitóides peralcalinos*; 4 - *granitóides fracamente peralcalinos*. As rochas vulcânicas, comumente associadas a rochas sedimentares, em bacias e gráben, são principalmente ácidas, e subsidiariamente intermediária e básica.

Foram analisadas quimicamente 72 amostras de rochas granitóides, para elementos maiores, menores e terras raras (ETR), dos maciços Agudos, Morro Redondo, Anhangava, Graciosa, Marumbi, Corupá, Dona Francisca e Piraí. Nestes foram identificados, então, através de diagramas de variação, vários "trends" geoquímicos, agrupando amostras de um só tipo ou de mais de um tipo de granitóides. Na evolução de tais "trends", os teores de Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , MgO e TiO_2 comumente decresceram, paralelamente à elevação da sílica, enquanto Na_2O e K_2O não tiveram comportamento padrão. Normalmente, Y, Rb e Nb se mostraram in-

compatíveis e Ba e Sr compatíveis. Combinados ou não, em referidos diagramas, com elementos maiores, tais elementos menores seguidamente sugeriram evolução magmática por cristalização fracionada, sendo entrevisto, pelo menos em um caso, que houve evolução possivelmente por fusão parcial. Naqueles casos (cristalização fracionada), as fases minerais que fracionaram foram feldspatos e um ou mais máficos, com atuação de acessório(s) ao final do processo.

Os isótopos de Sr e Nd indicaram participação de material crustal nos magmas parentais das rochas granitóides, o que se interpretou como resultado de mistura por assimilação, dentro das câmaras magmáticas, de magmas mantélicos juvenis com material crustal pré-existente.

Os dados radiométricos disponíveis para as rochas magmáticas da SMA (incluindo-se 50 novas determinações pelo método Rb-Sr) não são completamente conclusivos, em razão da imprecisão inerente aos métodos envolvidos (Rb-Sr, KAr, U-Pb, Sm-Nd). Entretanto, a concordância de várias determinações de idade, próximas de 580 ± 20 M.a., por diferentes métodos, dentro dos erros experimentais, parece indicar que os principais eventos magmáticos da SMA ocorreram por volta daquela idade. Alguns resultados radiométricos pelos métodos K-Ar e Rb-Sr, inferiores a 500 M.a., foram interpretados como resultado de rejuvenescimento isotópico provavelmente associado a hidrotermalismo.

As rochas plutônicas e vulcânicas da SMA estão associadas no espaço e no tempo. Tal fato, juntamente com a afinidade química dessas rochas, indica que provavelmente elas sejam produtos do mesmo processo tectono-magmático. Por outro lado, os maciços graníticos (formados justo após as principais colisões, ou talvez nas últimas fases de aglutinação do Gondwana) não devem mais ser descritos como anorogênicos mas, preferencialmente, como pós-colisionais, formados em ambiente distensivo, intraplaca.

Abstract

The Luís Alves Craton, in which is located the studied region (Serra do Mar and neighboring areas, SMA, Southern Brazil), was involved at the end of the Neoproterozoic in the agglutination of the Gondwana Supercontinent. Several ancient tectonic zones were reactivated, and additional ones were formed. The continental lithosphere was periodically submitted to horizontal stresses, and during a short period around 580 M.y. tensional faulting occurred, firstly along N20-30W trending system (corresponding to NE-SW distension), and later along N50-60E (corresponding to NW-SE distension). Such tensional fault zones were the sites of the emplacement of several granitic complexes, volcanic rocks associated with graben-type structures, and acid dyke swarms. The granitic complexes are the principal subject of this study (namely Agudos, Morro Redondo, Anhangava, Graciosa, Marumbi, Mandira, Guaraú, Corupá, Alto Turvo, Dona Francisca, Piraí, Serra Alta and Serra da Igreja). They are composed of four granitoid types: *metaluminous type*, *weakly peraluminous type*, *peralkaline type* and *weakly peralkaline type*. The metaluminous type granitoids largely predominance in the SMA. The volcanic rocks are commonly associated with sedimentary rocks in the graben-type structures. They are principally of acid composition, some are of intermediate as well as basic composition.

72 samples of granitoid rocks were chemically analysed for major, minor and rare earth elements. Several trends were indicated in variation diagrams, assembling samples of only one or more granitoid types. In the evolution of these trends, Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , MgO and TiO_2 decrease while SiO_2 increases. Na_2O and K_2O do not present well defined trends. Y, Rb and Nb are incompatible and Ba and Sr are compatible as commonly occurs. In these diagrams, these elements have frequently suggested magmatic evolution of the granitoids by fractional crystallization, as well as by partial melting (in at least one case). In those cases (fractional crystallization), major mineral phases to fractionate were feldspars and one or more mafic minerals, with accessory phases acting in the final stage of the magmatic process.

Sr and Nd isotopes indicate the participation of early different materials in the parental magmas of the granitoid rocks. Our preferred interpretation is a mixing by assimilation, within the magmatic chambers, of juvenile mantelic magmas with preexisting crustal rocks.

The radiometric data available for magmatic rocks of the SMA (including 50 new Rb-Sr determinations) are not completely conclusive, due to the lack of adequate precision of the methods involved (Rb-Sr, K-Ar, U-Pb, Sm-Nd). However, the concordance of several age determinations close to 580 ± 20 M.y., by different methods, seems to indicate that most magmatic events of the SMA occurred about then. Isotopic rejuvenation was record, probably associated to hydrothermalism, by some K-Ar and Rb-Sr results which yield age data around 500 M.y.

The plutonic and volcanic rocks of the SMA are spatially and temporally associated. This, together with their chemical affinities, indicate that they are the products of the same tectonomagmatic process. Moreover, the granitic complexes, formed either just after the main continental collisions, or perhaps still during the last phases of agglutination of Gondwana, should not be described any longer as "anorogenic", but preferentially as post-collisional complexes, formed in a distensive within-plate environment.

Abreviações

SMA -Região em estudo na presente tese, correspondente à Serra do Mar e arredores, contida nos limites tracejados na figura 1.

SPS - Região que abrange partes do nordeste do Estado de Santa Catarina, leste do Estado do Paraná e extremo sul do Estado de São Paulo, delimitada pelas coordenadas 24°40' e 27°05' de latitude sul e 49°30' e 47°52' de longitude oeste (figura I).

CCU - Complexo Granítico Cunhaporanga

CTC - Complexo Granítico Três Córregos

DM (Depleted Mantle) - Manto Empobrecido

ETR - Elementos Terras Raras

ETRL - Elementos Terras Raras Leves (La a Sm)

ETRP - Elementos Terras Raras Pesados (Gd a Lu)

FA - Faixa Atuba

FAS - Faixa Açungui-Setuva

FIT - Faixa Itaiacoca

MSWD (Mean Square of Weighted Deviates)

ORG (Ocean Ridge Granite) - Granito de Cadeia Oceânica

Syn-Colg - Granito Sin-Colisional

VAG (Volcanic Arc Granite) - Granito de Arco Vulcânico

WPG (Within Plate Granite) - Granito Intraplaca

Índice de Figuras

Figura I - Localização e principais vias de acesso da região em estudo	XXV
Figura 1.1 - O Supercontinente Gondwana	2
Figura 1.2 - Domínios tectônicos, maciços graníticos, sequências vulcano-sedimentares, sequências vulcânicas e diques ácidos da SPS	3
Figura 1.3 - O Domínio Ribeira a N e NW de Curitiba, além dos limites da figura 1.2	12
Figura 1.4 - Principais modelos de compartimentação geotectônica propostos para os terrenos pré-cambrianos da SPS	17
Figura 1.4 (continuação) - Principais modelos de compartimentação geotectônica propostos para os terrenos pré-cambrianos da SPS	18
Figura 1.5 - Compartimentação geotectônica dos terrenos pré-cambrianos da SPS, em cinturões móveis e cráton do Ciclo Brasileiro: modelo adotado no presente trabalho	28
Figura 2.1 - Maciços graníticos da SMA	30
Figura 3.1 - Mapa geológico do <i>Granito Agudos</i> e arredores	62
Figura 3.2 - Mapa de localização de amostras analisadas. <i>Granito Agudos</i>	63
Figura 3.3 - Diagramas óxidos x sílica (% em peso). <i>Granito Agudos</i>	77
Figura 3.3 (continuação) - Diagramas óxidos x sílica (% em peso). <i>Granito Agudos</i>	78
Figura 3.4 - Diagramas TiO_2 x Al_2O_3 , K_2O x Na_2O e A/CNK x SiO_2 (óxidos em % em peso). <i>Granito Agudos</i>	79
Figura 3.5 - Diagramas Rb x K_2O , CaO x Sr e Na_2O x K_2O x CaO (óxidos em % em peso; Rb e Sr em ppm). <i>Granito Agudos</i>	80
Figura 3.6 - Diagramas elementos menores (ppm) x sílica (% em peso). <i>Granito Agudos</i>	81
Figura 3.7 - Diagramas Nb x Y e Yb x Y (em ppm). <i>Granito Agudos</i>	82
Figura 3.8 - Diagramas Ba x Sr , Ba x Y e Sr x Nb (em ppm). <i>Granito Agudos</i>	83
Figura 3.9 - Diagramas Rb x Ba x Sr (em ppm). <i>Granito Agudos</i>	84

Figura 3.10 - Diagramas Rb x (Y+Nb) e Nb x Y, de Pearce et al. (1984) (elementos em ppm). <i>Granito Agudos</i>	85
Figura 3.11 - Diagramas de ETR normalizados aos condritos. Amostras PK-038, PK-037, PK-055 e PK-074. <i>Granito Agudos</i>	86
Figura 3.11 (continuação) - Diagramas de ETR normalizados aos condritos. Amostras PK-061, PK-032 e PK-031. <i>Granito Agudos</i>	87
Figura 3.12 - Diagrama de ETR normalizados aos condritos. Todas amostras da figura 3.11. <i>Granito Agudos</i>	88
Figura 3.13 - Mapa geológico do <i>Granito Morro Redondo</i> e arredores	92
Figura 3.14 - Mapa de localização de amostras analisadas. <i>Granito Morro Redondo</i>	93
Figura 3.15 - Diagramas óxidos x sílica (% em peso). <i>Granito Morro Redondo</i>	102
Figura 3.15 (continuação) - Diagramas óxidos x sílica (% em peso). <i>Granito Morro Redondo</i>	103
Figura 3.16 - Diagramas K ₂ O x Na ₂ O, A/CNK x SiO ₂ , CaO x Sr e CaO x Ba (óxidos em % em peso; elementos menores em ppm). <i>Granito Morro Redondo</i>	104
Figura 3.17 - Diagramas Rb x K ₂ O e Na ₂ O x K ₂ O x CaO (óxidos em % em peso; Rb em ppm). <i>Granito Morro Redondo</i>	105
Figura 3.18 - Diagramas elementos menores (ppm) x sílica (% em peso). <i>Granito Morro Redondo</i>	106
Figura 3.19 - Diagrama Rb x Ba x Sr (em ppm). <i>Granito Morro Redondo</i>	107
Figura 3.20 - Diagramas Rb x (Y+Nb) e Nb x Y, de Pearce et al. (1984) (elementos em ppm). <i>Granito Morro Redondo</i>	108
Figura 3.21 - Diagramas de ETR normalizados aos condritos. Amostras PK-093, PK-100 e PK-105 e campo determinado por essas amostras. Unidade Papanduva, <i>Granito Morro Redondo</i>	109
Figura 3.22 - Diagramas de ETR normalizados aos condritos. Amostras PK-117, PK-095, PK-101, PK-111 e PK-102 e campo determinado por essas amostras. Unidade Quiriri, <i>Granito Morro Redondo</i>	110

Figura 3.23 - Mapa geológico do <i>Granito Anhangava</i> e arredores	14
Figura 3.24 - Mapa de localização das amostras analisadas. <i>Granito Anhangava</i>	115
Figura 3.25 - Diagramas óxidos x sílica (% em peso). <i>Granito Anhangava</i>	129
Figura 3.25 (continuação) - Diagramas óxidos x sílica (% em peso). <i>Granito Anhangava</i>	130
Figura 3.26 - Diagramas K_2O x Na_2O , A/CNK x SiO_2 , CaO x Sr e Rb x K_2O (óxidos em % em peso; elementos menores em ppm). <i>Granito Anhangava</i>	131
Figura 3.27 - Diagramas elementos menores (ppm) x sílica (% em peso). <i>Granito Anhangava</i>	132
Figura 3.28 - Diagrama Rb x Ba x Sr (em ppm). <i>Granito Anhangava</i>	133
Figura 3.29 - Diagramas Rb x $(Y + Nb)$ e Nb x Y , de Pearce et al. (1984) (elementos em ppm). <i>Granito Anhangava</i>	134
Figura 3.30 - Diagramas de ETR normalizados aos condritos. Amostras da Unidade Serra do Baitaca. <i>Granito Anhangava</i>	135
Figura 3.31 - Diagramas de ETR normalizados aos condritos. Amostras da Unidade Serra da Boa Vista. <i>Granito Anhangava</i>	136
Figura 3.32 - Diagramas de ETR normalizados aos condritos. Amostras da Unidade Roça Nova. <i>Granito Anhangava</i>	137
Figura 3.33 - Mapa geológico dos maciços <i>Graciosa</i> e <i>Marumbi</i> e arredores	141
Figura 3.34 - Mapa de localização de amostras analisadas. Maciços <i>Graciosa</i> e <i>Marumbi</i>	142
Figura 3.35 - Diagramas óxidos x sílica (% em peso). <i>Granito Graciosa</i>	151
Figura 3.35 (continuação) - Diagramas óxidos x sílica (% em peso). <i>Granito Graciosa</i>	152
Figura 3.36 - Diagramas K_2O x Na_2O , A/CNK x SiO_2 , CaO x Sr e Rb x K_2O (óxidos em % em peso; elementos menores em ppm). <i>Granito Graciosa</i>	153
Figura 3.37 - Diagramas elementos menores (ppm) x sílica (% em peso). <i>Granito Graciosa</i>	154

Figura 3.38 - Diagramas que relacionam elementos incompatíveis entre si (Yb x Y, Yb x Rb) e elemento compatível com elemento incompatível (Sr x Rb). Elementos em ppm. <i>Granito Graciosa</i>	155
Figura 3.39 - Diagramas Rb x (Y + Nb) e Nb x Y, de Pearce et al. (1984) (elementos em ppm). <i>Granito Graciosa</i>	156
Figura 3.40 - Diagramas de ETR normalizados aos condritos. Amostras de biotita ± hornblenda sienogranito. <i>Granito Graciosa</i>	157
Figura 3.41 - Diagramas de ETR normalizados aos condritos. Amostras de hornblenda biotita monzonito (PK-013), hornblenda álcali-feldspato granito (PK-012, PK-019) e arfvedsonita álcali-feldspato granito (PK-006). <i>Granito Graciosa</i>	158
Figura 3.42 - Diagramas de ETR normalizados aos condritos. Todas amostras da figura 3.41. <i>Granito Graciosa</i>	159
Figura 3.43 - Diagramas óxidos x sílica (% em peso). <i>Granito Marumbi...; Granito Dona Francisca...; Granito Pirai</i>	166
Figura 3.43 (continuação) - Diagramas óxidos x sílica (% em peso). Maciços <i>marumbi, Dona Francisca e Pirai</i>	167
Figura 3.44 - Diagramas K ₂ O x Na ₂ O, A/CNK x SiO ₂ e Rb x K ₂ O. Maciços <i>Marumbi, Dona Francisca e Pirai</i>	168
Figura 3.45 - Diagrama elementos menores (ppm) x sílica (% em peso). Maciços <i>Marumbi, Dona Francisca e Pirai</i>	169
Figura 3.46 - Diagrama Rb x Ba x Sr (em ppm). Maciços <i>Marumbi, Dona Francisca e Pirai</i>	170
Figura 3.47 - Diagramas Rb x (Y + Nb) e Nb x Y, de Pearce et al. (1984) (elementos em ppm). Maciços <i>Marumbi e Pirai</i>	171
Figura 3.48 - Diagramas de ETR normalizados aos condritos. Amostras de biotita álcali-feldspato granito. <i>Granito Marumbi</i>	172
Figura 3.49 - Diagrama de ETR normalizados aos condritos. Amostra de microgranito (PK-114). <i>Granito Dona Francisca</i>	173
Figura 3.50 - Diagrama de ETR normalizados aos condritos. Amostra de granito “alasquitico” (PK-125). <i>Granito Pirai</i>	174

Figura 3.51 - Mapa geológico do <i>Granito Mandira</i> e arredores	178
Figura 3.52 - Mapa geológico do <i>Granito Guaraú</i> e arredores	183
Figura 3.53 - Mapa geológico do <i>Granito Corupá</i> e arredores	189
Figura 3.54 - Mapa de localização de amostras analisadas. <i>Granito Corupá</i>	190
Figura 3.55 - Diagramas óxidos x sílica (% em peso). <i>Granito Corupá</i>	196
Figura 3.56 - Diagramas elementos menores (ppm) x sílica (% em peso). <i>Granito Corupá</i>	197
Figura 3.57 - Diagramas Al_2O_3 x CaO, Al_2O_3 x TiO_2 e Ba x Sr (óxidos em % em peso; elementos menores em ppm). <i>Granito Corupá</i>	198
Figura 3.58 - Diagramas Rb x (Y+Nb) e Nb x Y, de Pearce et al. (1984), e Rb x Ba x Sr (elementos em ppm). <i>Granito Corupá</i>	199
Figura 3.59 - Diagramas de ETR normalizados aos condritos. Amostras de hornblenda clinopiroxênio sienito fino (PK-131), hornblenda clinopiroxênio sienito grosso (PK-128), arfvedsonita quartzo sienito com aegirina e faialita (PK-126) e arfvedsonita álcali-feldspato granito (PK-129). <i>Granito Corupá</i>	200
Figura 3.60 - Diagrama de ETR normalizados aos condritos. Amostras PK- 128, PK-126 e PK-129. <i>Granito Corupá</i>	201
Figura 3.61 - Mapa geológico do <i>Granito Alto Turvo</i> e arredores	206
Figura 3.62 - Mapa geológico do <i>Granito Dona Francisca</i> e arredores	209
Figura 3.63 - Mapa geológico do <i>Granito Pirai</i> e arredores	210
Figura 3.64 - Mapa geológico do <i>Granito Serra da Igreja</i> e arredores	215
Figura 3.65 - Diagrama isocrônico Rb-Sr do afloramento PK-061 (Pedreira Sepamar, Unidade Serra do Tronco) do <i>Granito Agudos</i>	231
Figura 3.66 - Diagrama isocrônico Rb-Sr de rochas da Unidade Piador- Cabral, na região central do <i>Granito Agudos</i>	231
Figura 3.67 - Diagrama isocrônico Rb-Sr de rochas da Unidade Quiriri, região sul-oriental do <i>Granito Morro Redondo</i>	232
Figura 3.68 - Diagrama isocrônico Rb-Sr de rochas da região setentrional do <i>Granito Morro Redondo</i>	232
Figura 3.69 - Diagrama isocrônico Rb-Sr de rochas do <i>Granito Graciosa</i>	233

Figura 3.70 - Diagrama isocrônico Rb-Sr do afloramento MJ-291 (Unidade Serra da Boa Vista) do <i>Granito Anhangava</i>	233
Figura 3.71 - Diagrama isocrônico Rb-Sr do afloramento PK-020 (Unidade Serra do Baitaca) do <i>Granito Anhangava</i>	234
Figura 3.72 - Diagrama isocrônico Rb-Sr de rochas do <i>Granito Corupá</i>	234
Figura 3.73 - Diagrama isocrônico Rb-Sr para amostras isoladas dos maciços <i>Dona Francisca, Pirai, Marumbi, Guaraú e Mandira</i>	235
Figura 4.1 - “Área 1” - falhas, Granito Agudos (com sua forma original provável) (1), Granito Morro Redondo (2) e depósitos vulcano-sedimentares da bacia de Campo Alegre (3)	240
Figura 4.2 - “Área 1” - falhas, gráben de Corupá (1), zonas de cisalhamento (2), dique ácido (3) e maciços graníticos de Corupá (4), Pirai (5) e Dona Francisca (6) (SC)	241
Figura 4.3 - “Área 2” - falhas, diques ácidos e maciço granítico da região da serra da Igreja e arredores (PR)	242
Figura 5.1 - Perfil na litosfera mostrando a ascensão de magmas através de grandes zonas de falhas verticais	244
Figura 5.2 - Diagramas $IA \times SiO_2$ e $A/CNK \times SiO_2$ para amostras selecionadas dos maciços graníticos da SMA	250
Figura 5.3 - Diagrama $A/CNK \times IA$ para amostras selecionadas dos maciços graníticos da SMA	251

Índice de Quadros

Quadro 2.1 - Localização, área e forma dos maciços graníticos da SMA	31
Quadro 2.2 - Comparação entre as seqüências (coberturas) vulcano-sedimentares das bacias de Campo Alegre e Guaratubinha e do gráben de Corupá	34
Quadro 3.1 - Determinações radiométricas K-Ar, U-Pb e Sm-Nd nas rochas graníticas da SMA	220

Introdução, Objetivos e Métodos

Como coordenador da equipe de geólogos do Projeto RADAMBRASIL, que entre os anos de 1979 e 1983 efetuaram o mapeamento geológico na escala 1:1.000.000 das folhas cartográficas SG. 22 - Curitiba e SG. 23 - Iguape, o autor da presente tese teve seus primeiros contatos com as manifestações magmáticas da Serra do Mar do S do País, participando de operações de campo em áreas em que elas ocorriam e analisando relatórios dos colegas de trabalho, que as enfocavam sempre com certo destaque. Inseridos num contexto geológico e geotectônico distinto daqueles dos cinturões móveis Ribeira e Dom Feliciano, localizados estes respectivamente a N e a S da Serra do Mar e possuidores de manifestações magmáticas semelhantes (maciços graníticos), os corpos ígneos em causa formavam um conjunto harmonioso de “stocks” e batólitos graníticos, derrames vulcânicos de diferentes composições e diques ácidos, que representavam para o presente autor um tema particularmente interessante de pesquisa que, um dia, em trabalho de pós-graduação, pretendia investigar. Alguns artigos, com base em dados já disponíveis na literatura geológica e naqueles levantados pelo Projeto RADAMBRASIL, surgiram na época acima referida e alguns anos depois, como contribuição do autor e de seus companheiros deste projeto ao conhecimento do magmatismo da Serra do Mar, prenunciando, por assim dizer, o trabalho exposto na presente tese.

Em março de 1986, com a extinção do Projeto RADAMBRASIL, todos os técnicos que neste atuavam passaram a integrar os quadros da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A partir de agosto de 1987, com a devida autorização desta Fundação, o autor da presente tese iniciou então seus estudos de pós-graduação no Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, tendo como tema de tese o magmatismo da Serra do Mar na área das folhas cartográficas atrás mencionadas e seus condicionantes tectônicos.

O trabalho, inclusive em sua fase de cumprimento de créditos, decorreu com várias interrupções, por diferentes motivos, tendo o autor se mantido, por outro lado, sempre parcialmente engajado em projetos de pesquisa do IBGE.

A região em estudo, estendendo-se do S do Estado de São Paulo ao NE do Estado de Santa Catarina, e limitada por linha tracejada na figura I, foi simplificada denominada de SMA. Tal região é parte integrante de outra maior, para a qual aqui se adota também uma abreviatura, SPS, e que contém inteiramente os terrenos pré-cambrianos em torno da SMA (figuras I e 1.2).

O acesso na SMA é relativamente fácil, salvo à maior parte das áreas dos maciços graníticos e arredores, por força de ausência ou poucas vias de penetração, relevo fortemente dissecado e grande cobertura vegetal. Importantes rodovias federais e estaduais pavimentadas percorrem-na (BR-101, BR-376, BR-116, SC-301, PR-410,...). Uma capital de estado e duas grandes cidades estão nela e em suas vizinhanças localizadas: Curitiba (1.476.253 habitantes), Joinville (397.987 habitantes) e Blumenau (230.988 habitantes).

O magmatismo estudado foi essencialmente o magmatismo granítico (figura 1.2), representado por maciços conhecidos pelas denominações de: Agudos, Morro Redondo, Anhangava, Graciosa, Marumbi, Mandira, Guaraú, Corupá, Alto Turvo, Dona Francisca, Piraí, Serra Alta e Serra da Igreja (figura 2.1).

As manifestações vulcânicas integram seqüências vulcano-sedimentares depositadas nas bacias de Campo Alegre e Guaratubinha e no gráben de Corupá, bem como seqüências vulcânicas intimamente associadas ao Maciço Morro Redondo; os diques ácidos, inúmeros e presentes ao longo de toda a SMA, estão concentrados em torno da bacia de Campo Alegre, a NW da bacia de Guaratubinha e a S do Maciço Alto Turvo (figura 1.2; anexo 1).

Os objetivos principais do presente trabalho foram quatro:

1 - Estudo geoquímico de oito dos treze maciços graníticos da SMA (maciços Agudos, Morro Redondo, Anhangava, Graciosa, Marumbi, Corupá, Dona Francisca e Piraí), sintetizando-se todas as informações obtidas até o presente, neste e em trabalhos anteriores, relativas aos treze maciços.

2 - Determinação, com base nos dados geoquímicos, de processos petrogenéticos e ambientes tectônicos referentes ao plutonismo granítico.

3 - Estudo isotópico dos maciços graníticos da SMA através do método Rb-Sr.

4 - Estudo das relações das manifestações ígneas com falhas e outras feições estruturais, visando a determinação, na SMA, dos condicionantes tectônicos do magmatismo em causa.

A caracterização petrográfica dos maciços graníticos baseou-se em descrições de cerca de cem lâminas delgadas de amostras coletadas nos mesmos e/ou em dados petrográficos de trabalhos anteriores. A classificação petrográfica daquelas amostras se baseou, por sua vez, em estimativas visuais das percentagens relativas de quartzo (Q), feldspato alcalino (A) e plagioclásio (P), plotadas no diagrama QAP de Streckeisen.

O estudo geoquímico se apoiou em dados de elementos maiores, menores e terras raras (ETR) determinados em amostras coletadas nos oito maciços acima referidos (apêndice 1). As análises de elementos maiores e menores, efetuadas em setenta e duas (72) amostras, foram realizadas no Laboratório de Química e ICP-AES do Departamento de Mineralogia e Petrologia do Instituto de Geociências da USP, através de espectrometria de emissão atômica com fonte de plasma induzido (ICP-AES), cuja metodologia analítica foi descrita por Janasi et al. (1995). As análises de ETR restringiram-se a quarenta e seis (46) das referidas setenta e duas amostras, tendo sido realizadas no laboratório Geolab da Geosol Ltda. (espectrometria de plasma; procedimentos metodológicos descritos por Dutra, 1984).

Todos os dados geoquímicos podem ser considerados como de boa qualidade analítica, tendo mostrado coerência com os dados petrográficos. Cinco índices químicos foram calculados, com base em teores em óxidos (apêndice 1):

$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ (óxidos em % em peso)

$\text{K}_2\text{O} / \text{Na}_2\text{O}$ (óxidos em % em peso)

IA (= $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} / \text{Al}_2\text{O}_3$, óxidos em proporções moleculares)

A / CNK (= $\text{Al}_2\text{O}_3 / \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$, óxidos em proporções moleculares)

F / FM (= $\text{FeO}_t / \text{FeO}_t + \text{MgO}$, óxidos em proporções moleculares)

Desses índices, dois são de particular importância, IA e A/CNK, conhecidos respectivamente como “índice agpático” e “índice de saturação em alumina”. Com base nos mesmos, e com controle petrográfico, fez-se a

classificação dos granitóides nos seguintes tipos, coerentemente com preceitos que tem sido classicamente aceitos:

Tipo *peralcalino*, quando:

$$1,01 \leq IA \leq 1,13 \text{ e } 0,85 \leq A/CNK \leq 0,96$$

Tipo *fracamente peralcalino*, quando:

$$0,96 \leq IA \leq 1,00 \text{ e } 0,90 \leq A/CNK \leq 0,96$$

Tipo *metaluminoso*, quando:

$$0,58 \leq IA \leq 0,98 \text{ e } 0,76 \leq A/CNK \leq 1,02$$

Tipo *fracamente peraluminoso*, quando:

$$0,71 \leq IA \leq 0,91 \text{ e } 0,97 \leq A/CNK \leq 1,06$$

Outros índices calculados foram os seguintes (elementos em ppm): K/Rb, Rb/Sr, Ba/Rb, Ba/Sr, Ce_N/Yb_N , Ce_N/Sm_N e Gd_N/Yb_N , os três primeiros para se avaliar os fracionamentos magmáticos, e os três últimos para avaliações dos fracionamentos, respectivamente, dos elementos terras raras (ETR) como um todo, dos elementos terras raras leves (ETRL) e dos elementos terras raras pesados (ETRP). Calculou-se, também, o índice Eu/Eu^* , para avaliação da intensidade das anomalias de Európio, sendo:

$$\frac{Eu}{Eu^*} = \frac{Eu_N}{\frac{Gd_N + Sm_N}{2}}$$

A construção de diagramas de variação e diagramas de ETR foi realizada através do programa MINPET(versão 2.02).

As análises isotópicas Rb-Sr foram realizadas no laboratório do Centro de Pesquisas Geocronológicas da Universidade de São Paulo (CPGeo-USP). Para a caracterização das metodologias empregadas nessas análises remete-se a Siga Júnior (1995).

Os mapas geológicos dos maciços Agudos, Morro Redondo, Anhangava e Pirai e de seus arredores, sob a forma de figuras que acompanham o presente texto, foram obtidos por redução xerográfica de fotointerpretações na escala 1:60.000 ou 1:45.000, com controle de campo, considerando-se também informações de trabalhos anteriores. Os mapas geológicos referentes aos restantes maciços foram obtidos por reduções de mapas elaborados por outros autores.

O esboço geotectônico dos terrenos pré-cambrianos da SPS (anexo 1) foi elaborado na Divisão de Geociências do Sul (DIGEO/SUL) do IBGE através dos seguintes procedimentos:

1 - Preparação de base cartográfica simplificada, na escala 1:250.000, a partir das folhas Itararé (SG. 22-X-B), Iguape (SG. 23-V-A), Curitiba (SG. 22-X-D/SG. 23-V-C), Joinville (SG. 22-Z-B) e Florianópolis (SG. 22-Z-D), editadas pelo IBGE.

2 - Lançamento, na referida base, de convenções geológicas (contatos, falhas, zonas de cisalhamento, diques, atitudes de foliação, etc.), obtendo-se dessa maneira o esboço geotectônico dos terrenos pré-cambrianos da SPS na escala 1:250.000. Tais convenções foram tomadas de diferentes mapas geológicos, inclusive daqueles dos maciços graníticos, atrás referidos, e de outros documentos (vide informações de margem no anexo 1).

3 - Redução xerográfica do mencionado esboço à escala 1:500.000, e digitação deste por último obtido no programa "Microstation" (versão 5.0).

4 - Obtenção de cópias deste esboço, na mesma escala 1:500.000, em "plotter" jato de tinta (modelo HP650C).

A sucessão de assuntos no presente texto, dividida em capítulos, inicia-se com enfoque sobre o contexto tectônico-geotectônico da SPS, que é dividido em três itens: 1 - Domínios tectônicos, 2 - As sucessivas idéias sobre a compartimentação geotectônica da SPS, 3 - Modelo de compartimentação geotectônica da SPS adotado no presente trabalho. Em prosseguimento, focaliza-se o contexto plutono-vulcano-sedimentar da SMA, dando-se uma visão concisa do mesmo, em função de dados de trabalhos anteriores sobre os maciços graníticos, os diques ácidos, os derrames vulcânicos e as sequências vulcano-sedimentares. Passa-se, a seguir, ao capítulo mais extenso da presente tese, intitulado Magmatismo, e que é dividido em três partes: 1 - Evolução dos Conhecimentos, 2 - Descrições e Características Composicionais das Manifestações Magmáticas, 3 - Geocronologia. A Evolução dos Conhecimentos, do começo do século até o presente, é dividida em "fases". Nas Descrições e Características Composicionais

das Manifestações Magmáticas, desenvolve-se, para cada um dos maciços graníticos da SMA, os seguintes itens: 1 - Aspectos Gerais, 2 - Caracterização Petrográfica, 3 - Geoquímica. Completa-se essa segunda parte do capítulo Magmatismo com breves descrições e dados composicionais referentes aos diques e corpos vulcânicos. No item Geocronologia, esboça-se uma caracterização geocronológica que pretende dar suporte ao modelo tectono-magmático sugerido na presente tese. Em continuação, desenvolve-se os capítulos sobre os condicionantes tectônicos do magmatismo na SMA e sobre a evolução tectono-magmática desta região, após o que são feitas considerações finais.

Figura I - Localização e principais vias de acesso da região em estudo.

Aspectos do Meio Natural: Relevo, Hidrografia, Clima, Solo e Vegetação

A Serra do Mar, que encerra, em grande parte, as manifestações ígneas focalizadas na presente tese, é o traço mais conspícuo do relevo da SPS. Com altitudes não raro superiores a 1.000m, essa cadeia montanhosa se apresenta como um conjunto de cristas e picos separados por vales profundos, em forma de “V”, ladeados por vertentes seguidamente de alta declividade, superior a 75%. As cristas, descritas em geral como “serras”, e os picos recebem localmente denominações diversas, tais como serras do Capivari, dos Órgãos, Graciosa, do Marumbi, da Igreja, da Papanduva, do Imbira, do Quiriri, Queimada, do Boi, etc.; picos Paraná (o mais elevado de todos, com 1.922m), Caratuva, do Marumbi, etc.. Condicionando inúmeros fatores naturais, tais como a hidrografia, a circulação atmosférica e a vegetação, essa cadeia de montanhas regula, também, de certa forma, a vida econômica regional, orientando fluxos e determinando direções de circulação de indivíduos, matérias primas e produtos manufaturados.

Em contraste com a área fortemente dissecada da Serra do Mar, surgem a W, no reverso dessa serra, os relevos planos pertencentes ao Planalto de Curitiba, posicionados entre 850 e 1.100m, tendo tal planalto suave inclinação para S. O aspecto geral desses relevos é marcado por formas colinosas que mostram, localmente, certa concordância topográfica, parecendo corresponder a uma páleo-superfície de aplanamento.

A E da Serra do Mar, já na região litorânea, há uma sucessão de cristas esbatidas, com altitudes em geral inferiores a 600m, que constituem a chamada pré-Serra do Mar. Tal unidade de relevo confronta, por sua vez, a E, com outra, a das Planícies Descontínuas, que correspondem às áreas de depósitos sedimentares litorâneos.

A N da Serra do Mar e do Planalto de Curitiba, estende-se a parte S do Planalto Dissecado de Paranapiacaba, correspondente a área banhada por afluentes do rio Ribeira do Iguape. O relevo, aí, é fortemente dissecado, com grandes desníveis altimétricos. Suas vertentes tem forte declividade, estando intensamente sulcadas. Seus vales são profundos. As partes interfluviais correspondem, em geral, a cristas aguçadas, modeladas em quartzitos e, vez que outra, em diques de

diabásio. Coroando tais partes ocorrem, seguidamente, formas triangulares facetadas e pontiagudas que se elevam a mais de 1.000 m de altitude.

A S da Serra do Mar, a região balizada aproximadamente pelas cidades de Jaraguá do Sul, Blumenau e Itajaí, estende-se a parte N de outra unidade de relevo, denominada Serras do Leste Catarinense. Tal região se caracteriza por um agrupamento de elevações sub-paralelas com altitudes em torno de 400-600m, orientadas preferencialmente para NE, e separadas por vales em geral pouco profundos.

A rede de drenagem da SPS pertence, na sua maior parte, às denominadas Bacias Hidrográficas de Sudeste. Os rios componentes dessa rede, em tais bacias, são geomorfologicamente recentes (do Terciário Superior/Quaternário), se comparados com os rios de outras bacias do S do País e do Uruguai. Tais rios mais “jovens” tem perfis longitudinais com declive acentuado, apresentando em seu curso superior leitos acidentados, com vales suspensos e cascatas do tipo “véu de noiva”. Nas baixadas litorâneas, apresentam leitos quase planos, divagando e formando meandros sobre as amplas faixas de depósitos fluviais.

O clima da SPS é do tipo temperado, compreendendo as seguintes diferenciações:

- Clima mesotérmico, médio, superúmido, sem período seco. Ocorre em algumas áreas restritas da Serra do Mar, correspondentes às mais elevadas altitudes dessa cadeia montanhosa.

- Clima mesotérmico, brando, superúmido, sem período seco. Predomina grandemente na SPS, correspondendo às áreas de baixas e médias altitudes da Serra do Mar e ao Planalto de Curitiba, bem como às regiões que abrangem as porções S e W, respectivamente, do Planalto Dissecado de Paranapiacaba e das Serras do Leste Catarinense.

- Clima subsequente, superúmido, com período subseco. Ocorre no litoral, nas Planícies Descontínuas.

Quanto ao solo na SPS, o tipo mais comum é o cambissolo, desenvolvido em áreas do Planalto Dissecado de Paranapiacaba, nos reversos da Serra do Mar e nas Serras do Leste Catarinense. Trata-se de solo normalmente argiloso, de baixa fertilidade, não hidromórfico (mal drenado), raso ou pouco profundo (profundidade

média de 100-120cm), com a sequência de horizontes A, B e C, sendo o B, entretanto, incipiente. Nas áreas de relevo mais dissecado da Serra do Mar, isto é, nos maciços graníticos, ocorre em geral solo litólico, que é um tipo igualmente de baixa fertilidade e não hidromórfico, porém jovem, raso (15-20 cm de espessura), destituído do horizonte B, sendo o horizonte C pouco desenvolvido ou também ausente. No Planalto de Curitiba domina o latossolo vermelho-amarelo, de muito baixa fertilidade, grande espessura, composição predominantemente argilosa e horizonte B pobre em óxidos de ferro.

A cobertura vegetal originalmente existente na SPS pode ser assim classificada, de acordo com os mais elaborados sistemas de classificação fitogeográfica em uso atualmente: 1 - Floresta Ombrófila Densa (Floresta Atlântica), 2 - Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária), 3 - Estepe (Campos).

A Floresta Ombrófila Densa revestia a maior parte da Serra do Mar, a pré-Serra do Mar, as Planícies Descontínuas e pelo menos parte do Planalto Dissecado de Paranapiacaba, tendo penetrado no interior das Serras do Leste Catarinense (porção S da SPS) através de algumas bacias hidrográficas, sobretudo através daquela do rio Itajaí. A pujança florística e estrutural dessa floresta, em suas diversas formações, está fundamentalmente relacionada à influência do relevo, da presença do mar e da dinâmica das massas de ar tropicais e polares penetrantes no S do Brasil. Entre as famílias de plantas melhor representadas nessa floresta estão as *Lauraceae*, *Myrtaceae*, *Apocynaceae*, *Bromeliaceae* e *Orchidaceae*. O grande impacto da ação antrópica transformou em geral profundamente essa cobertura vegetal, de modo que na maioria de suas formações predomina vegetação secundária (capoeiras), e nem mesmo nos seus parques e reservas há propriamente florestas intactas, originais. Em meio a essa cobertura ocorre, em elevadas altitudes, áreas campestres, correspondentes aos “refúgios ecológicos”, também denominados “campos de altitudes” (por exemplo, o belo campo de altitude da região S do maciço Morro Redondo).

A Floresta Ombrófila Mista revestia o reverso da Serra do Mar (encosta dessa serra voltada para o interior), sendo caracterizada pela mistura de duas florestas, uma tropical (afro-brasileira), outra temperada (austral-brasileira), com

marcada presença dos elementos *Coniferales* e *Laurales*. Os gêneros *Araucaria*, *Podocarpus* e *Drimys* misturam-se aos gêneros *Ocotea*, *Nectandra*, *Ilex*, *Campomanesia*, *Cedrela*, vários gêneros de *Myrtaceae* e muitos outros, numa coexistência relacionada com flutuações climáticas do Quaternário tendente ao clima atual. O impacto da ação antrópica na região dessa floresta assumiu aspecto avassalador, em face do desinteresse por ações preservacionistas florestais.

A Estepe é a cobertura vegetal que, na SPS, cobria originalmetne todo o Planalto de Curitiba, formando os campos de Curitiba, São José dos Pinhais e Tijucas do Sul, bem como a região de Campo Alegre. Possivelmente também relacionada a flutuações climáticas do Quaternário, acima referidas, tal cobertura encontra-se bastante descaracterizada por ação antrópica, pelo que apresenta estrutura e composição florística muito simplificada, com predomínio de espécies rizomatosas.

1 - CONTEXTO TECTÔNICO-GEOTECTÔNICO

Ao final dos tempos do Neoproterozóico, ao redor de 580 M.a., na região da superfície da Terra que veria o aparecimento do Gondwana Ocidental, várias massas continentais (crátons) de extensão diversificada (mega, meso e micromassas continentais) concluíram um processo de aglutinação mútua, que começara por volta de 800 M.a.. O processo decorreu através de subducções sucessivas da litosfera oceânica, com formação conseqüente de arcos magmáticos, ao que se seguiram colisões entre estes e as referidas massas continentais. Muito erodidos, os arcos estão representados, presentemente, pelas suas raízes que incluem batólitos e corpos rochosos menores, constituídos por granitóides, bem como por rochas gnáissicas e riolíticas, todas de composição marcadamente cálcio-alcalina.

Posicionados entre tais massas continentais e arcos, ou entre arcos contíguos, restaram, dobrados e metamorfisados, sedimentos e derrames vulcânicos que se haviam acumulado nos fundos de bacias ou de aulacógenos formados no próprio Neoproterozóico e/ou em períodos anteriores a este. Tais seqüências supracrustais correspondem, juntamente com os mencionados batólitos e corpos rochosos menores, ao que se considera como “cinturões móveis” (também referidos como faixas móveis ou cinturões orogênicos ou, ainda, como sistemas de dobramentos) do Neoproterozóico. Ocasionalmente, estes abrangem porções continentais (bordas cratônicas) regeneradas.

O processo de aglutinação fez nascer um vasto continente - o “Supercontinente de Gondwana”, cuja extensão seria, aproximadamente, aquela indicada na figura 1.1. Em sua fase derradeira, o processo incluiu cavalgamentos entre as diferentes entidades geotectônicas nele envolvidas, seguidas de reajustes entre blocos tectônicos.

Intrinsicamente relacionado às fases de colisão da aglutinação, conforme se verá nesta tese, o magmatismo em foco, representado por maciços graníticos, diques ácidos e derrames vulcânicos principalmente ácidos, teve como palco principal uma das micromassas continentais submetida à referida aglutinação - o

Cráton de Luís Alves. Este ficou posicionado entre três outras massas continentais: o Cráton Paraná (a NW), presentemente coberto inteiramente pelos depósitos fanerozóicos da Bacia do Paraná, o Cráton Congo-São Francisco (a N e NE) e o Cráton Kalahari (a sudeste), estes dois semi-cobertos por formações de diversas idades. Entre tais massas continentais se desenvolveram, no decurso da aglutinação, os cinturões móveis “Ribeira”(entre os crátons Paraná e Luís Alves), “Paranaguá”(entre os crátons Luís Alves e Congo-São Francisco) e “Dom Feliciano”(entre os crátons Luís Alves e Kalahari).

Distintos “domínios tectônicos” são abrangidos pela SPS (região que abrange partes do NE do estado de Santa Catarina, E do Estado do Paraná e extremo S do Estado de São Paulo, delimitada pela coordenada 24°40’e 27°05’de latitude S e 49°30’e 47°52’de longitude W) (figura 1.2). Estes domínios, aqui denominados de Luís Alves, Ribeira, Dom Feliciano e Paranaguá, são descritos a seguir. Eles correspondem a porções do Cráton de Luís Alves e dos cinturões móveis que o circundam.

Figura 1.1 - O Supercontinente de Gondwana.

LEGENDA

(Neoproterozóico - Eopaleozóico)

DIQUES ÁCIDOS

MACIÇOS
GRANÍTICOS

SEQUÊNCIAS VULCANO-
SEDIMENTARES

SEQUÊNCIAS
VULCÂNICAS

DOMÍNIO PARANAGUÁ (Neoproterozóico)

GRANITÓIDES CÁLCIO-ALCALINOS HETEROGENEAMENTE DEFORMADOS E GRANITÓIDES FORTEMENTE DIFERENCIADOS, ISÓTROPOS. GNAISSES, MIGMATITOS, XISTOS, QUARTZITOS E ANFIBOLITOS.

DOMÍNIO RIBEIRA (Neo e Paleoproterozóico)

TERRENOS METASSEDIMENTARES (1).
TERRENOS GNÁISSICO-MIGMATÍTICOS (2).
GRANITÓIDES CÁLCIO-ALCALINOS DEFORMADOS (3).

DOMÍNIO DOM FELICIANO (Neoproterozóico)

TERRENOS META-VULCANO-SEDIMENTARES ASSOCIADOS A INTRUSÕES GRANITÓIDES E GRANÍTICAS SIN A TARDI-OROGÊNICAS DOMINANTEMENTE CÁLCIO-ALCALINAS.

DOMÍNIO LUÍS ALVES (Arqueano - Paleoproterozóico)

TERRENOS GRANULÍTICOS, COM CORPOS MÁFICOS-ULTRAMÁFICOS, QUARTZITOS, FORMAÇÕES FERRÍFERAS, PARAGNAISSES E GNÁISSES CATACLÁSTICOS E MILONÍTICOS.

Figura 1.2 - Domínios tectônicos, maciços graníticos, seqüências vulcano-sedimentares, seqüências vulcânicas e diques ácidos da SPS. Omitidos: coberturas cenozóicas, cobertura paleozóica da Bacia do Paraná, diques básicos e manifestações alcalinas do Mesozóico-Terciário.

1.1 - Domínios tectônicos

1.1.1 - Domínio Luís Alves

O Domínio Luís Alves consiste numa ampla área de rochas metamórficas, predominantemente do fácies granulito, em que o hiperstênio é o mineral diagnóstico. É a sede principal das manifestações magmáticas em foco na presente tese. Ele se estende expressivamente no S da SMA (região em estudo na presente tese, correspondente à Serra do Mar e arredores contida nos limites tracejados na figura I), estreitando-se para N e, depois, para NE. Seus contatos com os domínios vizinhos são quase invariavelmente tectônicos. Sua constituição litológica compreende, além de gnaisses de alto grau, rochas metamórficas do fácies anfibolito e, mais raramente, metamorfitos do fácies xisto verde.

Os gnaisses granulíticos são ortoderivados e sua composição química é predominantemente básica (гнаisses noríticos). Subsidiariamente, essa composição é intermediária (гнаisses enderbíticos) ou ácida (гнаisses charno-enderbíticos). Foliados ou bandados, os gnaisses granulíticos são formados por uma alternância de níveis constituídos essencialmente por minerais félsicos (sobretudo, feldspatos), milimétricos a centimétricos, com níveis da mesma magnitude compostos predominantemente por minerais máficos (anfíbólios, piroxênios, biotita). O tipo mais comum dessas rochas (гнаisses noríticos) tem granulação média a fina e coloração em geral cinza esverdeada, sendo leuco a mesocrático.

Eventualmente, os gnaisses granulíticos podem apresentar-se maciços, isótopos, com franco aspecto ígneo.

Em áreas restritas do presente domínio, os gnaisses granulíticos foram retrometamorfisados ao fácies anfibolito. Esse processo se refletiu na sua composição, notadamente na transformação do hiperstênio em hornblenda.

Outros componentes litológicos desse domínio são: quartzitos, formações ferríferas, paragnaisses, corpos de rochas básicas e ultrabásicas, rochas migmatíticas e rochas cataclásticas e miloníticas.

Os quartzitos ocorrem ao longo de todo o domínio, como camadas ou lentes, em diferentes rochas hospedeiras. Trata-se de quartzitos finos, compostos essencialmente por quartzo, com proporções muito reduzidas de minerais opa-

cos, hiperstênio e granada. Gradua, em alguns casos, para formações ferríferas, constituídas por quartzo, magnetita, hematita e, muito escassamente, piroxênio.

Entre os paragnaisses, extremamente raros no domínio, contam-se gnaisses calciossilicáticos e gnaisses kinzigíticos.

Os corpos de rochas básicas e ultrabásicas correspondem a pequenas lentes, de extensão centimétrica a decamétrica, ou a corpos maiores, que podem atingir alguns quilômetros de extensão por até cerca de dois quilômetros de largura. Esses corpos estão distribuídos por todo o domínio, concentrando-se nos arredores das localidades de Piên e de Tijucas do Sul, onde se encontram também os maiores. Destacam-se, ainda, os corpos ultrabásicos das vizinhanças de Barra Velha. Os contatos desses corpos com suas rochas hospedeiras, em geral gnaisses granulíticos, são concordantes e bruscos. As rochas de composição básica correspondem a metagabros, metadioritos e metanoritos, ao passo que as rochas ultrabásicas consistem em anfibolitos, diferentes tipos de piroxenitos, harzburgitos, lherzolitos e dunitos. Localmente, essas rochas estão afetadas por retrometamorfismo observando-se, então, sua transformação em serpentinitos ou talco-xistos.

As rochas migmatíticas, de ocorrência escassa no domínio, se caracterizam por uma alternância de bandas quartzo-feldspáticas e bandas constituídas, predominantemente, por biotita e anfibólio, além de outras, correspondentes a gnaisses granulíticos.

As rochas cataclásticas e miloníticas ocorrem ao longo das inúmeras zonas de cisalhamento que cruzam o domínio, notadamente na sua porção S, entre Joinville e Blumenau, bem como acompanham as falhas que marcam os limites entre este e os outros domínios.

Informes geoquímicos referentes aos gnaisses granulíticos dão conta de seu caráter cálcio-alcálico. Para Figueiredo et al. (1991), eles representam uma sequência cálcio-alcálica cogenética, em que os termos básicos corresponderiam a toleitos de alto-Al e os ácidos-intermediários a tonalitos de alto-Al e granodioritos. Seus padrões de ETR denotam forte fracionamento. São, por outro lado, empobrecidos em elementos incompatíveis. As rochas ultrabásicas, pelo menos aquelas da região de Barra Velha (piroxenitos), revelam padrões de ETR compatíveis com

aqueles de cumulos de piroxênio. Todos esses dados sugeriram aos referidos autores que o ambiente em que se desenvolveu tal sequência foi o de subducção, possivelmente relacionado a arco insular, e que o mecanismo de cristalização fracionada foi preponderante na gênese das rochas granulíticas, tendo o magma inicial se originado por fusão parcial do manto, com granada como provável fase residual.

Um acervo considerável de dados geocronológicos existe sobre as rochas desse domínio tectônico pelos métodos Rb-Sr, U-Pb, Sm-Nd e K-Ar. A origem e evolução do domínio, com base nesses dados, pode ser assim resumida, adaptado de Siga Júnior (1995):

- 1º) - Formação de crosta continental juvenil (protolitos) por diferenciação mantélica. Idade: $> 2,6$ b.a..
- 2º) - Metamorfismo regional do fácies granulito (desenvolvimento de paragêneses minerais caracterizadas pela presença de ortopiroxênio). Idade: $2,6 \pm 0,2$ b.a..
- 3º) - Metamorfismo regional do fácies anfibolito, com migmatização e desenvolvimento de bandamento gnáissico (S_N). Possível adição de material juvenil à crosta. Idade: $2,0 \pm 0,2$ b.a..
- 4º) - Estabilização tectônica (alçamento e resfriamento regional do domínio). Idade: $1,9 \pm 0,2$ b.a..
- 5º) - Reativações (nas proximidades de zonas de contatos com domínios vizinhos e em zonas de falhas). Idade: $0,6 \pm 0,1$ b.a..

Em especial no tocante às idades K-Ar, obtidas em rocha total e minerais, destacam-se os seguintes fatos:

- 1º) - Dados K-Ar referentes ao Paleoproterozóico (Ciclo Transamazônico) se distribuem ao longo de todo o domínio.
- 2º) - Idades K-Ar mais antigas, relativas ao Arqueano, foram obtidas em materiais provenientes das vizinhanças de Barra Velha e de Luís Alves.

3º) - Idades K-Ar inferiores a 1.700 M.a. foram registradas em rochas gnáissicas e anfibolíticas de zonas de borda do domínio (zonas afetadas por rejuvenescimentos parciais no Ciclo Brasileiro).

1.1.2 - Domínio Ribeira

Este domínio tectônico se estende a NW e N do Domínio Luís Alves, com o qual mantém limite tectônico. Várias expressões do magmatismo em estudo estão nele sediadas. Compreende uma diversidade considerável de litologias, que mantém, entretanto, características estruturais em comum. Elas integram três porções, que poderiam ser definidas como “sub-domínios”: 1 - dos granitóides cálcio-alcalinos deformados; 2 - dos terrenos gnáissico-migmatíticos; 3 - dos terrenos metassedimentares.

Os granitóides cálcio-alcalinos deformados correspondem à Suíte Granítica Rio Piên (Machiavelli et al., 1993) - um conjunto de granitóides heterogeneamente deformados, que tem diversas composições, incluindo hornblenda quartzomonzodioritos, biotita monzogranitos, quartzo monzonitos e granodioritos. Tal conjunto litológico, que forma uma longa e estreita faixa de direção geral NE-SW, possui claras evidências de metamorfismo associado a uma deformação cisalhante.

As zonas de contato desses granitóides com os terrenos gnáissico-migmatíticos do presente domínio, bem como com os terrenos granulíticos do Domínio Luís Alves, são marcadas por faixas, com vários metros de espessura, de rochas cataclásticas (milonitos, protomilonitos, protocataclasitos). Ao longo do domínio, as rochas cataclásticas geradas na primeira fase e, mais restritamente, na segunda fase de deformação, mostram que houve transporte de material de NW para SE, num processo de cavalgamento dos granitóides cálcio-alcalinos deformados sobre os terrenos granulíticos do Domínio Luís Alves.

As informações geocronológicas existentes sobre os granitóides cálcio-alcalinos deformados compreendem dados radiométricos obtidos pelos métodos U-Pb (zircões), Rb-Sr (rocha total), Sm-Nd (T_{DM}) e K-Ar (biotita, anfibólio). Os dados U-Pb revelaram duas idades: 715 ± 30 M.a. (Machiavelli, 1991.; Machiavelli et al., 1993) e 615 ± 29 M.a. (Siga Júnior, 1995). Tratando-se, naquele caso, de informação preliminar e, neste, de informação mais precisa, a conclusão é a de que a

cifra de 615 ± 29 M.a. refletiria melhor a época de geração desses granitóides, sem ser totalmente afastada a possibilidade de tal granitogênese ter-se processado em pelo menos duas épocas distintas. Os dados Rb-Sr, lançados em diagramas, produziram dois alinhamentos paralelos, correspondentes a idades de aproximadamente 600 ± 30 M.a., com razões iniciais $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$ de 0,706 e 0,704, que sugerem origem a partir de fontes distintas. Os informes pelo método Sm-Nd (T_{DM}) indicaram o Paleoproterozóico como principal período de diferenciação do manto dos precursores crustais dessas rochas. As análises K-Ar distribuíram-se no intervalo 620-560 M.a.

Os terrenos gnáissico-migmatíticos, aqui também designados por “Faixa Atuba” (FA), foram considerados anteriormente por Kaul et al. (1984) como extensão do Complexo Paraíba do Sul. Recentemente, foram definidos como Complexo Atuba (Siga Júnior et al., 1995). Eles ocorrem segundo expressiva faixa NE-SW, que faz contato a S com os granitóides cálcio-alcálicos deformados e maciços graníticos; e, a N, com os terrenos metassedimentares. São constituídos, predominantemente, por rochas gnáissicas bandadas, migmatíticas, do fácies anfibolito, representadas notadamente por biotita anfibólio gnaisses, com leucossomas de composições tonalito-granodioríticas e graníticas. Outras litologias que compõem os terrenos são anfibolitos e xistos magnesianos, que formam corpos de dimensões e formas variadas, presentes freqüentemente em meio às rochas gnáissicas, bem como rochas gnáissico-granulíticas (Perrotta e Moraes, 1992), que constituem corpos, desta feita de dimensões desconhecidas, nos arredores da localidade de Campo Largo, estendendo-se rumo a Colombo. Algumas análises químicas das rochas gnáissico-granulíticas, de porções anfibolíticas e de bandas mesocráticas dos gnaisses migmatíticos evidenciaram, de acordo com Siga Júnior et al. (1995), uma afinidade cálcio-alcálica para o complexo. O padrão estrutural se caracteriza pelo desenvolvimento da foliação S_N , paralela ao bandamento gnáissico e surgida em regime dúctil, no quadro de uma tectônica controlada por cisalhamentos, com importante componente lateral. Os indicadores cinemáticos são sugestivos, conforme destacam Siga Júnior et al. (1995), de um transporte tectônico para SE, no sentido dos terrenos granulíticos do Domínio Luís Alves.

As informações geocronológicas existentes sobre o complexo em pauta foram, na sua quase totalidade, obtidas por Siga Júnior (1995), envolvendo os métodos de datação radiométrica Rb-Sr, U-Pb, Sm-Nd e K-Ar. Tais informações mostram, essencialmente, que as rochas componentes desses terrenos se formaram no Paleoproterozóico (2.000 ± 200 M.a.), quando ocorreu o metamorfismo regional de fácies anfibolito a granulito (com migmatização associada). No Neoproterozóico (600 ± 40 M. a.), ocorreu novo metamorfismo regional, de fácies anfibolito, com remigmatização e desenvolvimento de foliação, acompanhada de bandamento gnáissico S_N . Diferenciação mantélica do material dos protolitos ocorreu no Arqueano (2.700 ± 100 M. a.), tendo a estabilização tectônica dos terrenos ocorrido no Neoproterozóico (600 ± 20 M. a.). Os padrões geocronológicos registrados nessa porção do Domínio Ribeira se assemelham muito àqueles dos terrenos granulíticos do Domínio Luís Alves, com a importante diferença do rejuvenescimento isotópico dos terrenos gnáissico-migmatíticos.

Os terrenos metassedimentares, aqui denominados também de “Faixa Açungui - Setuva” (FAS), correspondem aos grupos Açungui e Setuva, dos quais o mais extenso, na SPS, é o primeiro. Seus contatos com os terrenos gnáissico-migmatíticos são tectônicos. Os grupos congregam litologias diversificadas, metamorfisadas no fácies xistos verdes, ou eventualmente no fácies anfibolito: xistos, filitos, ardósias, metacalcários, quartzitos, rochas calciossilicatadas, metaconglomerados, metacherts, paragneisses e eventuais intercalações de rochas metaígneas de composição principalmente básica. Localmente se encontram afetadas por migmatização. Os dados geocronológicos e outras informações de caráter estratigráfico sobre essas rochas tem levado a se admitir uma deposição mais jovem para o Grupo Açungui, no Neoproterozóico, a deposição do Setuva assumida para o Meso ou Paleoproterozóico. O ambiente de deposição pode ser descrito como, essencialmente, marinho de águas rasas. Polideformados, os metassedimentos foram atingidos por diversas fases de dobramento, além de cavalgamentos, transcorrências e outros acidentes tectônicos. O Grupo Açungui (e, provavelmente, também o Setuva) inclui diversos conjuntos litológicos cuja estratigrafia, em grande parte, não é original, mas reflete o resultado de empilhamento mais ou menos aleatório de fatias

tectônicas (Fiori, 1991 a, b; 1992). Nos mapas geológicos, as transcorrências se destacam, formando um sistema anastomosado de falhas, que produz uma lenticulação tectônica regional, definindo blocos tectônicos com formas sigmoides (Campanha et al., 1994). Amplas porções desses terrenos são cavalgantes para SE, no sentido dos terrenos gnáissico-migmatíticos.

A continuidade do Domínio Ribeira a N e NW de Curitiba, além dos limites da SPS, se verifica na ordem de várias dezenas de quilômetros, conforme pode-se constatar na figura 1.3. Além da Faixa Açungui-Setuva (FAS), ocorrem, para NW, sucessivamente: Complexo Granítico Três Córregos (CTC), Formação Itaiacoca (FIT) e Complexo Granítico Cunhaporanga (CCU). As informações que, a seguir, são resumidas sobre estas três últimas unidades (CTC, FIT, CCU), baseiam-se no estudo de Reis Neto (1994).

O CTC e o CCU correspondem a dois sistemas batolíticos complexos. Trata-se, essencialmente, de granitóides, cuja composição pode variar desde aquela de dioritos até a de álcali-feldspato granitos, isótipos ou não, inequigranulares porfiríticos ou equigranulares. Outras litologias componentes desses complexos são: gnáissicas e migmatíticas, além de vulcânicas riolíticas e subvulcânicas de composição monzogranítica a álcali-feldspato granítica. As rochas gnáissicas do CTC são de composição trondhjemítica-granítica; aquelas do CCU tem composição variando entre diorítica e monzogranítica. As rochas são cálcio-alcálicas, formadas em ambientes de arco magmático. Os granitóides e as vulcânicas e subvulcânicas são tardi a postectônicas; as rochas gnáissicas tem características pré a sintectônicas. As composições químicas de todas as rochas, num complexo, apresentam diferenças, em relação às do outro complexo, o que leva à interpretação de que ambos correspondem a raízes de arcos magmáticos distintos. O CTC foi implantado entre 700-600 M. a. ("Orogênese Três Córregos") e o CCU entre 800-700 M. a. ("Orogênese Cunhaporanga"). Os materiais provieram de distintas regiões de manto subcontinental: aquele donde provieram as rochas do CTC foi formado há ± 2.000 M. a., ao passo que o que serviu de fonte para as rochas do CCU foi constituído há ± 1.800 M. a..

A FIT corresponde a rochas metassedimentares e metavulcânicas/subvulcânicas: metarenitos feldspáticos (metarcóseos e meta-subarcóseos), metapelitos, rochas metacalcárias (lato sensu), metamargas (rochas calciossilicáticas), metavulcânicas de composição básica, metadoleritos, metavulcanoclásticas, metaconglomerados, xistos e rochas anfíbolíticas. As rochas metadoleríticas e anfíbolíticas são expressão de um vulcanismo toleítico de ambiente distensional (tipo “rift”); enquanto que as rochas metavulcânicas básicas o são de um vulcanismo alcalino ultrapotássico (lamproítico), igualmente de ambiente distensional, relacionado à borda cratônica. O ambiente de deposição das rochas metassedimentares foi do tipo plataformar, de margem continental passiva. Os estudos geocronológicos, realizados por Reis Neto (1994) em rochas metavulcânicas, metadoleritos, rochas anfíbolíticas e metacalcárias, envolveu os métodos Rb-Sr, Pb-Pb e Sm-Nd. Tais estudos estabeleceram a idade de aproximadamente 1.080 M. a. para a geração das rochas metadoleríticas e anfíbolíticas; e, possivelmente, 1.250 ± 100 M. a. para as rochas metavulcânicas, evidenciando que a sedimentação do Grupo Itaiococa ocorreu no Mesoproterozóico.

Figura 1.3 - O Domínio Ribeira a N e NW de Curitiba, além dos limites da figura 1.2. CTC - Complexo Granítico Três Córregos, CCU - Complexo Granítico Cunhaporanga, FIT - Faixa Itaiacoca, FAS - Faixa Açungui-Setuva, FA - Faixa Atuba

1.1.3 - Domínio Dom Feliciano

Este domínio, que ocupa pequena área na SPS, corresponde a terrenos supracrustais associados a corpos intrusivos sin a tarditectônicos compostos por granitóides predominantemente cálcio-alcálinos. Os terrenos supracrustais (que cavalgaram os terrenos granulíticos do Cráton de Luís Alves) consistem no denominado Grupo Brusque, uma seqüência metavulcano-sedimentar orientada segundo N50E, composta por sericita xistos, metarritmitos, quartzitos, granada mica xistos, metamargas, calco-xistos, metacalcários maciços e metavulcânicas máficas e ultramáficas, transformadas em clorita xistos e tremolita xistos.

Os dados geocronológicos do Grupo Brusque são indicativos de que houve um grande lapso de tempo entre a sedimentação (1600-1400 M. a.) (Basei et al. 1994; Basei, 1996) e a sua história metamórfico-deformacional (800-600 M. a.).

Na bibliografia geológica, esta unidade litoestratigráfica é seguidamente correlacionada aos grupos Porongos (Rio Grande do Sul) e Lavalleya (Uruguai), ambas representando prováveis bacias do tipo retro-arco. Os granitóides neles inseridos, e que se estendem amplamente do E de Santa Catarina à região oriental do Uruguai, corresponderiam a raízes de arcos magmáticos.

A explicação da origem e evolução do Grupo Brusque segundo uma bacia do tipo retro-arco foi recentemente questionada por Basei (1996), que fez várias restrições a tal modelo. Notadamente a de que, sendo os valores etários referentes ao pico do metamorfismo no grupo (700-650 M. a.) sistematicamente mais velhos do que os valores mais antigos existentes para os granitóides do arco, isto implicaria em que a deformação e magmatismo na bacia teriam ocorrido antes da constituição do próprio arco. A sugestão do referido autor, que descartou tal modelo evolutivo para o Grupo Brusque, é a de que este seja considerado como um “terreno suspeito”, alóctone, colocado em sua posição atual somente no final do Neoproterozóico e início do Fanerozóico.

1.1.4 - Domínio Paranaguá

O Domínio Paranaguá compreende os terrenos situados a E do Domínio Luís Alves, com o qual mantém contato tectônico, sendo limitado, a E, pela linha

de costa. Referido contato está representado, a S-SW, pelo Lineamento Garuva, também conhecido como Lineamento do Rio Palmital (falha de transcorrência, com deslocamento sinistral); e, a W e NW, pelos lineamentos Alexandra e Serra Negra.

A maior parte dos constituintes litológicos do Domínio Paranaguá integra um complexo ígneo: trata-se de uma grande variedade de granitóides, em grande parte deformados (foliados). Outros constituintes são porções restritas (septos?) de gnaisses, xistos, quartzitos e anfibolitos. Lopes (1987 a, b) distinguiu, entre os granitóides deformados, três tipos, a que denominou de Morro Inglês, Canasvieiras e Cubatãozinho; e, entre os isótopos, dois tipos, a que nomeou de Rio do Poço e Estrela. Os granitóides tipos Morro Inglês e Canasvieiras ocorrem amplamente no domínio (são “regionais”): os primeiros, na região mais oriental; os segundos, na mais ocidental. Trata-se de rochas usualmente possuidoras de intensa foliação cataclástica. Os granitóides Morro Inglês são de coloração cinza, inequigranulares, porfiríticos, com megacristais de feldspato potássico brancos e enclaves centimétricos ou decimétricos de composição diorítica ou quartzo-diorítica. Por vezes, tem aspecto migmatítico. Em raros casos, são quase isótopos, com aspecto nitidamente ígneo.

Os granitóides Canasvieiras são cinza claro a cinza rosado, equi a inequigranulares, de granulação fina a média, em geral com bem marcada foliação cataclástica ou milonítica. Tal foliação, próximo ao Lineamento Garuva, tem direção N-NW, com mergulhos sistemáticos para E-NE; e, ao longo do Lineamento Alexandra, direção infletida para N-NE, com mergulhos para E-SE (Siga Júnior, 1995). Nas proximidades do Lineamento Serra Negra, a direção N-NE persiste, com mergulhos para W-NW.

Os granitóides tipo Cubatãozinho são porfiróides, cataclásticos e ocorrem numa estreita faixa (cerca de 1 a 1,5 km de largura) de direção N-S, que ocupa posição central no domínio. A E e a W, essa faixa é limitada por importantes zonas de cisalhamento. Os granitóides do tipo Rio do Poço e tipo Estrela correspondem a corpos graníticos de pequena expressão, normalmente isótopos, intrusivos nos granitóides deformados regionais: os primeiros são de cor cinza clara, equi a inequigranulares, de granulação média, raramente porfiríticos (só nas bordas dos cor-

pos); os segundos se apresentam de coloração cinza clara a cinza rosada, com demais características semelhantes às dos granitóides Rio do Poço.

Os granitóides Morro Inglês, Canasvieiras e Cubatãozinho são normalmente subsolvus e cálcio-alcálicos, sendo expressão de um plutonismo sin a tectônico (granitóides orogênicos, provavelmente de arco vulcânico); os tipos Rio do Poço (subsolvus) e Estrela (hipersolvus) são fortemente diferenciados, correspondentes a um plutonismo tardi a postectônico (granitóides de ambiente intraplaca).

As informações geocronológicas existentes sobre os granitóides em foco foram obtidas pelos métodos Rb-Sr (rocha total), K-Ar (biotitas), U-Pb (zircões) e Sm-Nd (rocha total), havendo, também, análises isotópicas de Pb (Basei et al., 1990a; Siga Júnior et al., 1994). O intervalo das idades obtidas é bastante amplo; mas sempre dentro do Ciclo Brasileiro, desde a formação dessas rochas (U-Pb: 620-600 M. a.), fechamento do sistema isotópico (Rb-Sr: 600 - 570 M. a.) e resfriamento regional (K-Ar: 560 - 480 M.a).

Os valores obtidos para as razões iniciais Sr^{87}/Sr^{86} correspondem a 0,707-0,708, e os dados relativos às análises isotópicas de Pb indicaram ter havido participação significativa da crosta inferior na constituição dessas rochas. Os valores de idade modelo Sm-Nd (T_{DM}), que representam épocas em que os precursores crustais desses granitóides se diferenciaram do manto, revelaram dois grupos etários distintos: para os granitóides tipo Morro Inglês, 2.200 - 1.900 M. a.; para os tipos Rio Canasvieiras e Estrela, 2.400-2.615 M. a..

Como já foi destacado por Siga Júnior (1995), o intervalo de idades obtidas pelos métodos Rb-Sr e U-Pb nos granitóides do Domínio Paranaguá (570-620 M. a.) coincide, praticamente, com aquele registrado pelo método K-Ar nas rochas componentes dos terrenos gnáissico-migmatíticos do Domínio Ribeira (Complexo Atuba). Isto significa que enquanto ocorria o plutonismo cálcio-alcálico no Domínio Paranaguá, o Domínio Ribeira era aquecido acima de 250°C.

1.2 – As sucessivas idéias sobre a compartimentação geotectônica da SPS

Para o conhecimento da geologia dos terrenos metamórficos do Pré-Cambriano da SPS, que compõem o cenário geológico onde estão inseridos os maciços graníticos e as demais expressões do presente magmatismo, contribuíram inúmeros autores, desde o final do século passado, quando as primeiras observações foram realizadas, até os dias que correm. Modelos para se descrever e justificar a compartimentação geotectônica dessa região do S do País começaram a ser formulados, entretanto, somente em meados dos anos 70, com apoio num acervo global de dados geológicos, tectônicos e geocronológicos.

Até a primeira metade dos anos 60, perdurava a idéia de que grande parte desses terrenos, com uma constituição predominantemente gnáissica-migmatítica, era representante do “Complexo Brasileiro” (Branner, 1915), que se formara, supostamente, no Arqueano, enquanto que filitos e xistos (na sua maior parte), bem como certos tipos de gnaisses, deviam ter sua origem ligada a orogêneses do Algonquiano ou, mesmo, do começo da Era Paleozóica.

Em função de estudos geocronológicos realizados, foi admitido, na segunda metade dos anos 60, que todos os terrenos em pauta tinham sua origem ligada a um cinturão orogenético (“Cinturão Orogenético Paraíba”), ativo entre 650 e 450 M.a. (Cordani e Bittencourt, 1967), que se estenderia do S da Bahia até o Rio Grande do Sul. Para Almeida (1967), essa extensa região costeira do País se caracterizava por “dobramentos baicalianos” de direção geral NE-SW, sendo correspondente, na sua visão, a um ou mais geossinclíneos do “Ciclo Baicaliano”. Por sua vez, Almeida et al. (1973) registraram que, nos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina, os grupos São Roque, Açungui e Brusque, representando sedimentos depositados numa geossinclinal do Pré-cambriano Superior (Ciclo Brasileiro), constituíam o “Cinturão Dobrado Ribeira”, que se prolongava ao Rio Grande do Sul e Uruguai. Rochas metamórficas pré-brasilianas ocorrentes entre os grupos Açungui e Brusque teriam sofrido, segundo esses autores, retrabalhamento durante este ciclo.

Figura 1.4 - Principais modelos de compartimentação geotectônica propostos para os terrenos pré-cambrianos da SPS. Omitidas: mesmas unidades que na figura 1.2.

Figura 1.4(continuação)- Principais modelos de compartimentação geotectônica propostos para os terrenos pré-cambrianos da SPS. Omitidas: mesmas unidades que na figura 1.2.

Para **Carneiro et al. (1974)**, os terrenos entre os grupos Açungui e Brusque (admitido este em conexão com os grupos Porongos, no Rio Grande do Sul, e Lavalleja, no Uruguai) eram um “alto estrutural” do tipo “maciço mediano” (Khain, 1962 apud Carneiro et al., op.cit.), para o qual propuseram o nome de “Maciço Barra Velha - Morretes”. **Cordani (1974)** destacou, entretanto, que a região de Barra Velha(SC),contrastando com outras próximas,era“uma área cratônica,estável ao final do Pré-Cambriano,cuja delimitação é ainda desconhecida”.

Para **Monaco et al. (1974)**, os terrenos predominantemente migmatíticos e gnáissicos da SPS correspondiam a um “Complexo Cristalino” (que incluía o denominado Grupo Tabuleiro), limitado, a NW, pelos grupos Açungui e Setuva, e a SE, pelo Grupo Brusque (figura 1.4a).

Hasui et al. (1975) propuseram um modelo de compartimentação geotectônica da SPS, partindo da consideração de que toda a região costeira do País, prolongando-se ao Uruguai, compunha a “Faixa Dobrada Ribeira”, constituída por sistemas dobrados e maciços medianos. Entre o NE de Santa Catarina e o S de São Paulo, se posicionava o “Maciço Mediano de Joinville” (terrenos gnáissico-granulito-migmatíticos), ladeado pelo Sistema Dobrado Apiaí (grupos Açungui e São Roque) e Sistema Dobrado Tijucas (Grupo Brusque) (figura 1.4b). Esse modelo acabou sendo tacitamente aceito na literatura geológica, até pouco tempo atrás, não obstante incertezas e, até mesmo, evidências em contrário surgidas já pouco depois de sua formulação.

Kaul (1979) apresentou uma compartimentação em quatro unidades geotectônicas principais. De N para S sucediam-se: Faixa de Dobramentos Apiaí, Embasamento Retrabalhado e Rejuvenescido, Área Cratônica (ou Cráton) de Luís Alves e Faixa de Dobramentos Tijucas. Tal área cratônica ficava limitada, a N, pelo Lineamento Corupá; a S, pelo Lineamento Blumenau. **Kaul (1980)**, em estudo no qual procurou justificar o conceito original de Cráton de Luís Alves, manteve a mesma compartimentação adotada em seu trabalho anterior, admitindo, entretanto, o limite N desta unidade geotectônica, até a falha de Itariri, no S do Estado de São Paulo (figura 1.4c).Tratando do contato deste cráton com o pacote sedimentar gondwânico da Bacia do Paraná, o autor destacou que essa unidade geotectônica parecia se prolongar “por boa extensão, sob tal cobertura ...”, no sentido SW, con-

forme o sugeriam “... fechamentos de contornos de mapas geofísicos (mapas executados pelo Projeto Aerogeofísico Ponta Grossa - Criciúma, 1971)”. Sugeriu, por fim, que tal cráton seria continuação do Cráton do Congo.

Fragoso César (1980) admitiu que os terrenos de alto grau metamórfico do NE de Santa Catarina correspondiam a um prolongamento, no sentido NE, do Cráton do Rio de La Plata (o Cráton de Luís Alves seria mero segmento do Cráton Rio de La Plata). Tal idéia teve ampla aceitação por autores que não admitiam que o Cráton de Luís Alves pudesse ter caráter restrito.

Para **Kaul et al. (1984)**, na SPS se evidenciavam três “domínios geológicos principais”: de N para S, Sistema Dobrado Apiaí, Área Cratônica de Luís Alves e Sistema Dobrado Tijucas (figura 1.4d). O limite (tracejado) N da referida área cratônica ficou balizado, aproximadamente, pelas cidades de Piên e Morretes, no Paraná, representando substancial deslocamento, para NW, do limite N admitido, para a mesma, por Kaul (1980). O que havia sido considerado, anteriormente, como “Embasamento Retrabalhado e Rejuvenescido” (Kaul, 1979) foi admitido como parte integrante do “Sistema Dobrado Apiaí”.

Silva (1984) propôs que toda a extensão dos terrenos de alto grau metamórfico do N de Santa Catarina fosse denominada de “Cinturão Móvel de Joinville”, considerando duas porções isoladas, no interior deste, que designou de protocrátons de São Francisco e de Piên. Alguns anos depois, em texto explicativo do mapa geológico de Santa Catarina (escala 1:500.000), **Silva (1987)** descreveu resumidamente referido cinturão, sob a denominação, desta feita, de “Cinturão Móvel Granulítico”, de provável idade transamazônica.

Basei (1985) adotou a seguinte compartimentação: Cinturão Ribeira, Maciço Marginal de Curitiba, Cráton Rio de La Plata e Cinturão Dom Feliciano, sucessivamente, de N para S (figura 1.4e).

Mantovani et al (1989) realizaram um perfil gravimétrico N-S, de 350 km, do Cinturão Ribeira ao Cinturão Dom Feliciano. Em função deste perfil e de dados da bibliografia, apresentaram um “modelo tectônico” para a SPS, admitindo que esta era constituída pelas quatro unidades geotectônicas da compartimentação de Basei (1985), substituindo, entretanto, as denominações Maciço Marginal de Curitiba e Cráton Rio de La Plata deste autor por, respectivamente, Maciço de

Curitiba e Cráton Luís Alves (figura 1.4f). Os contatos entre as quatro unidades foram apresentados sob a forma de cavalgamentos: de NW para SE, cavalgamentos dos metassedimentos do Cinturão Ribeira sobre o Maciço de Curitiba, e deste sobre o Cráton Luís Alves; de SE para NW, cavalgamentos do Grupo Brusque do Cinturão Dom Feliciano sobre referido cráton. O maciço aludido foi considerado como infra-estrutura do Cinturão Ribeira. A espessura da crosta, na região do cráton, estaria em torno de 40 km; nas regiões do maciço e do Cinturão Dom Feliciano, corresponderia a valores pouco inferiores a este.

Basei et al. (1990 b) compartimentaram os terrenos do “Maciço de Joinville” em três “domínios” (figura 1.4g): setentrional, meridional e costeiro, tendo este último sido denominado de “Batólito Paranaguá”. Admitiram, estes autores, que tal batólito se ligaria a partes dos cinturões Dom Feliciano (Grupo Brusque e granitóides associados) e Ribeira (Complexo Costeiro, definido por Hasui et al., 1981), segmentos crustais esses que no seu conjunto comporiam “um mesmo cinturão colisional ... orientado preferencialmente NS, de idade Proterozóica Superior a Cambriana, que afetou toda a porção oriental da região S-SE brasileira”. Essa mesma compartimentação foi adotada também no trabalho de **Basei et al. (1990 c)** que excluiu, entretanto, a região do “Domínio Costeiro”. E, logo a seguir, adotada igualmente no trabalho de **Siga Júnior et al. (1990)**, que abrangeu inteiramente o “Maciço de Joinville”.

Basei et al. (1991) admitiram, por sua vez, a seguinte divisão para referido maciço, de N para S (figura 1.4h): Nappe Rio Iguaçu (interpretada como provável infra-estrutura do Cinturão Ribeira), Batólito Paranaguá e Cráton Luís Alves (provável microcontinente, sobre o qual a nappe e o batólito teriam sido “transportados”).

Fragoso César (1991), em sua tese sobre as orogenias dos cinturões Dom Feliciano e Ribeira, no Rio Grande do Sul, admitiu que, no quadro da estruturação brasileira do S do País, os terrenos da SPS podiam ser divididos em (figura 1.4i): Cinturão Ribeira, formado pela Faixa Apiaí e pelo Bloco Rio Iguaçu (incluídos, neste, os terrenos do Batólito Paranaguá), Bloco Luís Alves (considerado como equivalente à porção NE do Cráton Rio de La Plata) e Faixa Tijucas (do Cinturão Dom Feliciano).

Para **Basei et al. (1992a)**, os terrenos da região sul-brasileira, entre Curitiba e Florianópolis, compreendiam, sucessivamente (figura 1.4j): Cinturão Ribeira, Nappe do Rio Iguaçu, Cráton (ante-país) Luís Alves, Nappe Brusque e Nappe Florianópolis. Tais unidades foram consideradas como tendo sido transportadas, através de empurrões, sobre o Cráton de Luís Alves, no decurso de um processo compressivo relacionado, “provavelmente à justaposição dos crátons do Congo, Kalahari, São Francisco e Paraná com o conseqüente desenvolvimento dos sistemas de dobramentos Damara, Gariep, Ribeira e Dom Feliciano”, tudo decorrido do início do Proterozóico Superior ao Paleozóico Inferior.

Segundo **Basei et al. (1992b)**, a SPS correspondia a três unidades geotectônicas (figura 1.4k): Microplaca Curitiba (parte N), Microplaca Luís Alves (parte S) e Cinturão Granitóide Costeiro (parte E do maciço). Essas unidades ter-se-iam aglutinado no final do Proterozóico Superior e início do Paleozóico Inferior, em duas etapas: - Orogênese Brasileira, com o desenvolvimento, entre as duas microplacas, de um arco magmático representado por granitóides foliados, cálcio-alcalinos, posteriormente definidos por Machiavelli et al. (1993) como componentes da “Suíte Granítica Rio Piên”; - Orogênese Rio Doce (desenvolvimento do Cinturão Granitóide Costeiro).

Finalmente, **Siga Júnior (1995)** propôs, com apoio em considerável acervo de novos dados geocronológicos e tectônicos, um modelo de compartimentação geotectônica diferindo em parte daquele de Basei et al. (1992b) (figura 1.4l). Ressaltou que o modelo anteriormente estabelecido por aqueles autores encontrava dificuldades tais como a ausência de metassedimentos relacionados à evolução do suposto oceano brasileiro, que teria existido entre as microplacas Luís Alves e Curitiba; o fato de que pequenos corpos de rochas básicas e ultrabásicas, admitidos por Basei et al. (op. cit.) como possíveis restos de assoalho oceânico obductado, não se restringiam à região limítrofe entre referidas placas, ocorrendo também em vários outros pontos da Microplaca Luís Alves; idade transamazônica (e não brasileira) obtida para ultramáficas (restos possíveis de assoalho oceânico) da região de Campinas dos Crispins (PR). Pelo novo modelo, os terrenos do que havia sido anteriormente denominado de “Maciço de Curitiba”, “Nappe do Rio Iguaçu”, “Microplaca Curitiba”, etc., representariam tão somente a borda NW da Micropla-

ca Luís Alves, “envolvida pela tectônica Neoproterozóica, reflexo de sua colisão contra o Cráton do Paraná”. Em outros termos, corresponderiam, conforme destaca Siga Júnior (op. cit.), a “uma zona de borda (da Microplaca Luís Alves), intensamente deformada, migmatizada e granitizada, função desta tectônica colisional”. Registra também, este autor, que essa margem de microplaca poderia, por outro lado, “fazer parte da infraestrutura relacionada às seqüências metavulcano-sedimentares dos grupos Açungui/Setuva, posicionados pouco a N”. Por tal modelo, os granitóides deformados da “Suíte Granítica Rio Piên” não representariam a raiz de um arco magmático do Neoproterozóico: sua colocação (615 ± 30 M. a.) estaria, sim, “relacionada às zonas transpressivas, associadas aos cisalhamentos que balizam essas rochas magmáticas”.

Resumindo-se os pontos principais do que acima foi exposto e, por outro lado, tentando-se algumas conclusões, pode-se registrar o que se segue:

- No decurso de cerca de uma vintena de anos (1974-1995), foram formulados aproximadamente quinze modelos de compartimentação geotectônica para a SPS, muitos deles nos últimos cinco anos do período.

- A seqüência de modelos não significou, a cada passo, invariavelmente avanços no conhecimento geotectônico da região; vez que outra, refletiu apenas diferenças de critério dos autores ao classificarem ou descreverem as unidades geotectônicas.

- A porção mais antiga dessa região, inicialmente identificada por Cordani (1974) em Santa Catarina, através de algumas idades K-Ar pré-brasileiras, e posteriormente definida como Cráton de Luís Alves por Kaul (1979, 1980), foi, com certa freqüência, aceita como mera extensão nordeste do Cráton Rio de La Plata (idéia esta dificultada, presentemente, em face de resultados de investigações geofísicas por gravimetria, conforme se verá, no item a seguir). Além dessas duas denominações (Cráton de Luís Alves e Cráton Rio de La Plata), recebeu tal porção da crosta os qualificativos seguintes: Domínio Meridional do Maciço de Joinville (Basei et al., 1990b, c; Siga Júnior et al., 1990), Bloco Luís Alves do Cráton Rio de La Plata (Fragoso César, 1991) e Microplaca Luís Alves (Basei et al., 1992b).

- Os terrenos gnáissicos-migmatíticos situados entre o Cráton de Luís Alves e os metassedimentos do Cinturão Ribeira foram considerados como integrantes de uma unidade geotectônica que, sucessivamente, recebeu as denominações de: Embasamento Retrabalhado e Rejuvenescido (Kaul, 1979), Maciço Marginal de Curitiba (Basei, 1985), Maciço de Curitiba (Mantovani et al., 1989), Domínio Setentrional do Maciço de Joinville (Basei et al., 1990b, c; Siga Júnior et al., 1990), Nappe Rio Iguaçu (Basei et al., 1991), Bloco Rio Iguaçu do Cinturão Ribeira (Fragoso César, 1991) e Microplaca Curitiba (Basei et al., 1992b). Mais recentemente, tais terrenos foram interpretados, por Siga Júnior (1995), como correspondentes a “zona de bordo da Microplaca Luís Alves”. Em outros trabalhos, foi admitido (Mantovani et al., 1989; Siga Júnior et al., 1990; Basei et al., 1990c; Basei et al., 1991; Siga Júnior, 1995) que tais terrenos correspondiam à infraestrutura do Cinturão Móvel Ribeira.

- Os terrenos constituídos predominantemente por rochas graníticas, porfíricas, cálcio-alcálicas, que vieram a ser definidos como Batólito Paranaguá (Basei et al., 1990c) eram, anteriormente, consideradas como parte integrante do Cráton de Luís Alves (Kaul, 1979; 1980; Kaul et al., 1984) ou do Cinturão Ribeira (Basei, 1985; Mantovani et al., 1989). Outras designações, para tais terrenos, foram, notadamente, as de: Domínio Costeiro (Basei et al., 1990b, c; Siga Júnior et al., 1990), Cinturão Granitóide Costeiro (Basei et al., 1992b) e Domínio Paranaguá (Siga Júnior, 1995).

- A história da evolução das idéias e dos modelos geotectônicos da SPS, ao longo de cerca de trinta anos, mostra que, inicialmente, houve influência marcante de princípios fixistas na sua formulação - por exemplo, idéias de Almeida (1967), Almeida et al. (1973) e Carneiro et al. (1974) e modelo de Hasui et al. (1975). Por outro lado, a partir do começo dos anos 90, modelos mobilistas prevaleceram, associados a idéias de aloctonias e colisões continentais e de arcos magmáticos.

1.3 – Modelo de compartimentação geotectônica da SPS adotado no presente trabalho

Nas últimas décadas, os levantamentos geológicos e estudos geocronológicos realizados na SPS levaram, conforme se viu no item anterior, a que cerca de uma quinzena de modelos de compartimentação geotectônica fossem formulados para se explicar a evolução geotectônica desta região do S-SE do País, não conduzindo porém os pesquisadores a um consenso sobre o assunto. Entretanto, provavelmente aceita-se hoje que o ponto de partida para o entendimento da evolução regional deve ser o de que o panorama tectônico/geotectônico atual da SPS se estabeleceu no final do Neoproterozóico, com continuidade provável até os tempos cambro-ordovicianos, tendo sido uma consequência dos processos de aglutinação de mega, meso e micromassas continentais, arcos vulcânicos e pacotes metassedimentares e/ou metavulcano-sedimentares interpostos, que conduziram à formação do Supercontinente de Gondwana.

Neste trabalho, entende-se que o modelo estabelecido por Sigá Júnior (1995) representa, em essência, uma alternativa interpretativa viável, que não parece ser contestada por qualquer evidência factual, de modo que o modelo a seguir descrito pouco difere daquele.

Inicialmente, assume-se que quatro porções de entidades geotectônicas do Ciclo Brasileiro compõem os terrenos da SPS: os cinturões móveis Ribeira, Dom Feliciano e Paranaguá e o Cráton de Luís Alves (figura 1.5), entidades correspondentes aos domínios tectônicos de mesmos nomes, descritos atrás.

O Cinturão Móvel Ribeira é constituído, em larga extensão, pelos terrenos gnáissico-migmatíticos (Faixa Atuba), formados no Paleoproterozóico, período em que se submeteram a um primeiro evento de metamorfismo regional do fácies anfibolito a granulito, com migmatização associada. Tal situação é indicativa de que tais terrenos correspondem a um cinturão móvel do Paleoproterozóico (cinturão transamazônico), componente provável da borda do Cráton de Luís Alves. No Ciclo Brasileiro, foram retrabalhados (submeteram-se a novos dobramentos, falhamentos, metamorfismo regional e migmatização), bem como foram afeta-

dos por forte rejuvenescimento isotópico. Podem tais terrenos ser interpretados, em conclusão, como correspondentes a uma porção cratônica que, formada no Ciclo Transamazônico, sofreu, posteriormente, “regeneração” no Ciclo Brasileiro, sendo incorporada ao Cinturão Móvel Ribeira. Tal interpretação aqui dada a terrenos que, anteriormente, haviam sido considerados como componentes de um maciço marginal (“Maciço Marginal de Curitiba”), segue o rumo de interpretações de Brito Neves e Cordani (1992), exemplificadas pelos casos das zonas periféricas dos crátons do São Francisco (“Maciço Marginal de Sobradinho”) e de São Luís (“Maciço Marginal de Granja”), além do próprio caso presente, relativo à zona periférica do Cráton de Luís Alves: tais zonas foram consideradas, por referidos autores, como bordas cratônicas regeneradas, no decurso de eventos terminais do Ciclo Brasileiro/Pan-Africano, pelo que restaram incorporadas a cinturões móveis de tal ciclo, periféricos aos crátons.

Quanto aos granitóides cálcio-alcálicos deformados (Suíte Granítica Rio Piên), entende-se os mesmos no sentido de Siga Júnior (1995), isto é, intrinsecamente ligados às zonas transpressivas associadas aos cisalhamentos que balizam essas rochas magmáticas, as quais não teriam ligação com zona de subducção. Tal interpretação dessa expressiva ocorrência de plutonitos cálcio-alcálicos suscita, por exemplo, aquela do bem conhecido batólito cálcio-alcálico de Donegal (Irlanda), estudado mais recentemente por D.H.W. Hutton. A gênese deste corpo intrusivo foi concebida, tão somente, em ligação estreita com importante zona de cisalhamento transcorrente, sem conotação com zona de subducção (Hutton, 1982; 1988).

O Cráton de Luís Alves é compartimentado, no presente modelo, em duas áreas ou porções: uma borda deformada (“antepaís”) sem regeneração, em contato tectônico, a N, com os granitóides deformados; uma área plenamente cratônica (“full cratonic”), que corresponde aos restantes terrenos desse cráton, a S do lineamento de Corupá. Naquela borda deformada, são conhecidas, em certos locais, idades K-Ar próximas de 600 M.a., ao passo que nesta área plenamente cratônica, há exemplos de idades pré-transamazônicas (arredores de Luís Alves e de Barra Velha). Regionalmente, as idades K-Ar deste cráton estão escalonadas, assim, desde tais valores etários mais antigos, da região centro-oriental de sua área plenamente cratônica, até valores francamente brasileiros de sua borda regenerada.

A NW, E e S, o Cráton de Luís Alves confronta com os terrenos dos cinturões, respectivamente Ribeira, Paranaguá e Dom Feliciano. Seu prolongamento no sentido SW, sob os depósitos sedimentares da Bacia do Paraná, até os terrenos pré-cambrianos do Rio Grande do Sul, ficou ultimamente sujeito a mais súvidas, em face de resultados de investigação geofísica por gravimetria, realizada por Hallinan et al. (1993). Referindo-se à continuação meridional desse cráton, dos granitóides da Suíte Rio Piên e de uma porção provável do Cinturão Ribeira, esses autores registraram que "...todos terminam numa latitude de aproximadamente -29°, cortados por anomalia negativa EW".

Figura 1.5 - Compartimentação geotectônica dos terrenos pré-cambrianos da SPS, em cinturões móveis e cráton do Ciclo Brasileiro: modelo adotado no presente trabalho. *Cinturão Móvel Paranaguá* - granitóides cálcio-alcálinos deformados e granitóides fortemente diferenciados, isotrópicos, associados a gnaisses, migmatitos, xistos, quartzitos e anfíbolitos. *Cinturão Móvel Ribeira* - cobertura metassedimentar, eventualmente metavulcano-sedimentar, dobrada (1); borda regenerada do Cráton de Luís Alves, constituída, essencialmente, por gnaisses e migmatitos (2); granitóides cálcio-alcálinos deformados, ligados a zona transcorrente (3). *Cinturão Móvel Dom Feliciano* - cobertura metavulcano-sedimentar dobrada, associada a intrusões de granitóides, predominantemente cálcio-alcálinos. *Cráton de Luís Alves* - borda deformada ("antepaís"), sem regeneração (1), e área plenamente cratônica (2), constituídas, ambas, essencialmente por gnaisses granulíticos.

2 - CONTEXTO PLUTONO-VULCANO-SEDIMENTAR

As manifestações magmáticas da Serra do Mar e arredores (SMA) — maciços graníticos, diques ácidos e derrames vulcânicos de composição predominantemente ácida, objeto de estudo da presente tese, se fazem acompanhar por depósitos sedimentares penecontemporâneos (que ocorrem, também, além da SMA), definindo um conjunto plutono-vulcano-sedimentar segundo uma faixa de direção geral NE-SW, com aproximadamente 20-60 km de largura e cerca de 200 km de extensão.

2.1 – Maciços graníticos e diques ácidos

Os maciços graníticos da SMA, figura 2.1, quadro 2.1, consistem em 13 corpos intrusivos cuja dimensão varia desde aquela de corpos batolíticos, com área ao redor de 300-250 km², até pequeno “stock” com poucos quilômetros quadrados de área. A maior parte desses maciços tem dimensão, entretanto, da ordem de 35-70 km². As formas que apresentam são diversificadas: formas (aproximadamente) ovóide, circular, retangular, triangular, “bumerangue” e irregular, esta alongada segundo a direção geral NE-SW.

Os diques ácidos são inúmeros, apresentando ampla distribuição geográfica na SMA, bem como ampla variação quanto a direcionamento e possança. Eles estão concentrados, entretanto, em 3 regiões: 1 - em torno da bacia de Campo Alegre, sobretudo no bordo ocidental dessa estrutura, apresentando direção predominante N40-60E, com possança em geral entre 1 e 5 m (raramente atingindo 10m, segundo Daitx e Carvalho, 1980); 2 - junto ao flanco NW da bacia de Guaratubinha, onde tem direção N10-40E e possança entre 5 e 30 m (Fuck et al., 1967d); 3 - aS do Granito Alto Turvo, em que mostram direcionamento segundo N45-90E e possança de várias dezenas de metros (Biondi, 1983). A extensão dos diques é desconhecida, em torno da bacia de Campo Alegre; alcança vários quilômetros na região próxima à bacia de Guaratubinha; é de poucos quilômetros na região a S do Granito Alto Turvo.

Figura 2.1 - Maciços graníticos da SMA.

MACIÇO	LOCALIZAÇÃO		ÁREA APROX. (KM²)	FORMA APROX.
	MUNICÍPIO(S)/ESTADO(S)	FOLHA(S) TOPOGRÁFICA(S) 1:50.000		
AGUDOS	Mandirituba/PR Agudos do Sul/PR Tijucas do Sul/PR	Mandirituba/PR(SG.22-X-D-IV-3) Tijucas do Sul(SG.22-X-D-IV-4) Campo Alegre (SG.22-Z-B-I-1) São Miguel (SG.22-Z-B-I-2)	300	Irregular , Alongada NE-SW
MORRO REDONDO	Tijucas do Sul/PR Guaratuba/PR Garuva/SC Campo Alegre/SC	TIJUCAS DO SUL (SG.22-X-D-IV-4) PEDRA BRANCA DE ARARAQUARA (SG.22-X-D-IV-3) SÃO MIGUEL (SG.22-Z-B-I-2) GARUVA (SG.22-Z-B-II-1)	250	Retangular
ANHANGAVA	Quatro Barras/PR Piraquara/PR	PIRAQUARA (SG.22-X-D-I-4) MORRETES (SG.22-X-D-II-3)	55	Ovóide
GRACIOSA	Bocaiúva do Sul/PR Campina Grande do Sul/PR Antonina/PR Morretes/PR Quatro Barras/PR	Represa do Capivari (SG.22-X-D-II-1) Morretes (SG.22-X-D-II-3)	220	Bumerangue
MARUMBI	Morretes/PR Piraquara/PR	Morretes (SG.22-X-D-II-3) Morro Redondo (SG.22-X-D-V-1)	70	Triangular
MANDIRA	Cananéia/SP	Rio Guaraú (SG.22-B-VI-4) Ilha de Cananéia (SG.23-V-A-IV-3)	35	Retangular
GUARAÚ	Jacupiranga/SP	Rio Guaraú (SG.22-X-B-VI-4)	100	Irregular, Alongada NE-SW
CORUPÁ	Corupá/SC Jaraguá do Sul/SC	Jaraguá do Sul (SG.22-Z-B-I-4)	50	Bumerangue
ALTO TURVO	Barra do Turvo/SP Guaraqueçaba/PR	Rio Turvo (SG.22-X-B-VI-3) Barra do Turvo (SG.22-X-B-V-4) Serra Negra (SG.22-X-D-III-1) Serra da Virgem Maria (SG. 22-X-D-II-2)	120	Irregular, Alongada NE-SW
DONA FRANCISCA	Joinville/SC	São Miguel (SG.22-Z-B-I-2)	70	Circular
PIRAÍ	Joinville/SC	São Miguel (SG.22-Z-B-I-2) Jaraguá do Sul (SG.22-Z-B-I-4) Joinville (SG.22-Z-B-II-3) Faruva (SG.22-Z-B-II-1)	45	Irregular, Alongada NE-SW
SERRA ALTA	São Bento do Sul/SC	São Bento do Sul (SG.22-Z-B-I-3)	3	Ovóide (?)
SERRA DA IGREJA	Morretes/PR Guaratuba/PR	Mundo Novo (SG.22-X-D-V-1)	60	Irregular, Alongada NE-SW

Quadro 2.1 - Localização, área e forma dos maciços graníticos da SMA.

A direção mais frequente dos diques ácidos em toda a SMA está ao redor de N50E.

Em trabalhos anteriores, tais diques foram interpretados quer como representantes hipoabissais das manifestações vulcânicas das bacias vulcano-sedimentares (Fuck, 1967b; Ebert, 1971), quer como corpos ligados aos maciços graníticos (Muratori et al., 1969a, b).

2.2 - Derrames vulcânicos e sequências vulcano-sedimentares

Os derrames vulcânicos da SMA cobrem áreas de até 200 km², ocorrendo de duas maneiras distintas: 1 - intimamente associados a um maciço granítico (caso das manifestações vulcânicas associadas à porção N do Granito Morro Redondo); 2 - entremeados com depósitos sedimentares. Neste caso, ocorrem em 3 estruturas: nas bacias de Campo Alegre e Guaratubinha e no gráben de Corupá, onde compõem sequências (coberturas) vulcano-sedimentares. Aparentemente, tanto aqueles derrames quanto estes mantiveram associação direta com os corpos plutônicos da SMA.

As sequências vulcano-sedimentares iniciam-se, todas elas, por sedimentos continentais areno-conglomeráticos, depositados sobre rochas gnáissicas dos terrenos granulíticos. A partir daí, rumo ao topo dos pacotes vulcano-sedimentares, a ordenação estratigráfica das unidades litológicas é muito semelhante na bacia de Campo Alegre e no gráben de Corupá, divergindo na bacia de Guaratubinha (Daitx e Carvalho, 1980). Sobre os sedimentos areno-conglomeráticos basais daquelas duas estruturas, Campo Alegre e Corupá, ocorre um conjunto vulcano-sedimentar representado por vulcanitos básicos-intermediários (com raros derrames ácidos) e sedimentos siltico-arenosos, com tufo associados. A seguir, deu-se a extrusão de derrames ácidos e a formação de depósitos piroclásticos, também ácidos, que ocupam a maior parte da bacia de Campo Alegre e área significativa do gráben de Corupá. Para encerrar, o processo deposicional originou siltitos e tufo, predominando rochas epiclásticas no topo dos pacotes.

De um modo geral, observam-se mudanças nitidamente progressivas da base para o topo das seqüências das duas estruturas (Campo Alegre, Corupá), com relação à granulometria (sedimentos progressivamente mais finos) e à composição das manifestações vulcânicas (de composição básica à ácida). Conforme destacam Daitx e Carvalho (1980), o primeiro fato reflete uma estabilização progressiva, contínua, da região; e o segundo sugere, nitidamente, que as manifestações vulcânicas estariam relacionadas a uma bem marcada diferenciação magmática.

No quadro 2.2, apresenta-se um resumo de informações sobre as seqüências vulcano-sedimentares das três estruturas (bacias Campo Alegre e Guaratubinha e gráben de Corupá).

	BACIA DE CAMPO ALEGRE	GRÁBEN DE CORUPÁ	BACIA DE GUARATUBINHA
Espessura total da seqüência	Pouco acima de 1. 000 metros	Pouco abaixo de 1. 000 metros	Desconhecida
Condicionamento tectônico e estrutural	Estratos pouco inclinados ou sub-horizontalizados, exceto nas proximidades de falhamentos (pouco frequentes), onde se tornam sub-vercatilizados e até dobrados.	Estratos com mergulhos normalmente entre 20° e 40°, exceto junto a falhamentos (frequentes), onde se tornam subverticalizados e até dobrados.	Estratos com mergulhos normalmente entre 20° e 40°, exceto junto a falhamentos (muito frequentes), onde se tornam subverticalizados. Possível estrutura em sinclinal.
Metamorfismo	Incipiente: matriz sericítica de arcóseos, clivagem ardósiana e orientação da massa pelítica dos sedimentos muito finos.	Incipiente: recristalização de níveis margosos à biotita-mármore em zonas cataclásticas; natureza epimetamórfica dos pelitos.	Incipiente: cataclase dos grãos, neoformação de pistacita e clorita e carácter ardósiano ou filitoso dos sedimentos muito finos.
Manifestações hidrotermais	Pouco comuns: calcita, pirita, sílica e fluorita em fraturas e cavidades. Intensa argilização de alguns derrames ácidos.	Frequente: sílica, calcita, pirita, barita, fluorita, especlarita e calcopirita em fraturas e zonas brechadas.	Pouco comuns: pirita, fluorita , sílica e calcita em fraturas e cavidades.
Ordenação estratigráfica das unidades litológicas mapeadas	SEQUENCIA SEDIMENTAR SUPERIOR Siltitos, tufos		SEQUENCIA VULCÂNICA ANDESÍTICA Derrames andesíticos e dacíticos Corpos hipoabissais de composição semelhante.
	SEQUÊNCIA VULCÂNICA ÁCIDA Rochas efusivas e piroclásticas ácidas. Raros sedimentos finos. Diques de vulcanitos ácidos		
	SEQUENCIA SEDIMENTAR INTERMEDIÁRIA Intrusão e extrusão de lavas básico-intermediárias Siltitos, tufos Raros arcósios e folhelhos.		SEQUÊNCIA VULCÂNICA RIOLÍTICA Riolitos, brechas riolíticas e tufos. Diques de microgranitos.
	SEQUENCIA VULCÂNICA INFERIOR Derrames e corpos intrusivos básico-intermediários. Raros derrames ácidos e sedimentos finos.		
	SEQUÊNCIA SEDIMENTAR INFERIOR Fácies arenítica: arcóseos Fácies conglomerática: ortoconglomerados polimícticos		SEQUÊNCIA SEDIMENTAR: Arcóseos, siltitos, argilitos e conglomerados.

QUADRO 2.2 - Comparação entre as seqüências (coberturas) vulcano-sedimentares das bacias de Campo Alegre e Guaratubinha e do gráben de Corupá. Adaptada de DAITX e CARVALHO (1980).

3 - MAGMATISMO

3.1 - Evolução dos conhecimentos

A referência mais remota, na literatura geológica, às rochas constituintes da SMA é possivelmente aquela que foi feita por **Oliveira (1916)**. Descrevendo a geologia do Estado do Paraná, este autor registrou que as rochas mais antigas desse estado se localizavam na Serra do Mar. Eram “principalmente gneiss de vários typos, granitos e rochas eruptivas básicas, predominando as diabases”. Cerca de dez anos depois, esse mesmo autor voltou a se referir à geologia dessa serra no Paraná, desta feita com informes mais específicos. Em sua “Monographia VI do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil” (**Oliveira, 1927**), descreveu sucintamente granitos e outras rochas magmáticas que localizou em cortes da estrada de rodagem da Graciosa e da estrada de ferro de Paranaguá a Curitiba: “No kilometro 16 da estrada de Graciosa, os granitos são bastante ácidos associados a veios de quartzo e diques de pegmatita. Compõe-se de abundante quartzo e orthose e pouca biotita. ... Na estrada de ferro de Paranaguá a Curitiba, as rochas são quasi todas do typo granítico, cortadas por delgados diques de diabase. ... No tunnel de Roça Nova o granito compõe-se de quartzo ..., biotita, orthose ..., plagioclásio Na bocca superior do tunnel ha um syenito composto de orthose e amphibólio, tendo como accessórios pyrita, epidoto e calcita.” No mapa geológico em escala 1:1.000.000 (**Oliveira, 1925**), que acompanha referida monografia, nenhum maciço granítico, entretanto, está individualizado, toda a Serra do Mar e arredores correspondendo à unidade “Archeano” ou “Complexo Chrystallino”.

Leinz (1937) foi quem primeiro registrou, na SMA, a ocorrência de uma rocha de composição próxima à de um “granito alcalino”. Nas proximidades da cidade de Curitiba descreveu, apresentando análises petrográfica e química, um pequeno dique intrusivo em gnaisses, de “paisanito com hastingsita” (um álcali-feldspato microgranito com aegirina e hastingsita), com direção N60°W (apresentando pequena inflexão, na sua extremidade N, para N30°W) e extensão de, pelo menos, 250m e espessura variando de 5 a 200m.

Em sua importante obra sobre Geologia do Brasil, **Oliveira e Leonardos (1943)** assim se referiram à região da Serra do Mar: “ ... Essas montanhas, que tem os nomes locais de serra Negra, Órgãos, Marumbi, etc., são constituídas de granito porfiróide, a coloração variando do branco-cinza ao vermelho intenso”.

Maack (1947) registrou que as mais altas elevações da serra do Mar, no Paraná, como o Pico Paraná e o Pico Marumbi, eram constituídas por “granitos huronianos”, que se compunham de “granititos” ricos em ortoclásios micropertíticos, com oligoclásio, quartzo e relativamente pouca biotita. No Pico Caratuba, descreveu um “stock” de quartzo (riolito) pórfiro, aparentemente mais recente do que os referidos “granititos” e possivelmente correspondendo, em idade, aos quartzo-pórfiros da região de Castro.

Rochas eruptivas e sedimentos a elas relacionados foram identificados e descritos, pela primeira vez, por **Almeida (1949)**, na região de Campo Alegre (SC): riolitos, brechas eruptivas, delgados derrames de lava porfírica brechóide e sedimentos tufíticos foram descritos macro e microscopicamente. Foi tentada também, nesse trabalho, uma primeira avaliação quanto à extensão ocupada por essas rochas, extensão esta que “parecia ser grande”. Fazendo referência a semelhanças constatadas entre tais rochas e outras, então já conhecidas nas regiões de Castro (PR) e da garganta do rio Itajaí-Açu (entre Ibirama e Apiúna, SC), bem como na área de Campo Largo da Roseira (37 km ao S de Curitiba), o autor ao final registrou a possibilidade de “toda essa atividade vulcânica de magma ácido” ser contemporânea e ter ocorrido no Paleozóico Inferior.

Maack (1953), em seu mapa geológico do Estado do Paraná, elaborado na escala 1:750.000, individualizou, sem designações próprias, os maciços graníticos hoje conhecidos como Morro Redondo, Agudos, Serra da Igreja, Anhangava, Graciosa e Marumbi. Tais maciços foram apresentados como intrusões pós-Açungui, correspondentes, na legenda do mapa, a uma unidade de rochas alcalinas ácidas, paisanito, arfvedsonita sienito e barkevicita biotita granito. O Maciço Morro Redondo foi considerado como estando alojado em gnaisses e granitos gnaissificados do “Complexo Brasileiro”, da “Era Azóica”; os outros foram considerados inseridos em gnaisses mais recentes e outras rochas metamórficas da “Série Açungui”, da “Era Proterozóica”.

Barbosa (1957), em estudo sobre ocorrências de rochas vulcânicas do Brasil e de outros países, discorreu sobre a “extensa área de ignimbritos riolíticos, aflorantes desde poucos quilômetros ao S de São José dos Pinhais, PR, até Campo Alegre, SC”. Considerou como ignimbrito a rocha que Almeida (1949) havia descrito, nesta região, como riolito fluidal. Comparando as vulcânicas de Campo Alegre com os riolitos de Castro, PR, admitiu, para ambos, idade referente ao Siluriano Superior. Mencionou, por outro lado, a possibilidade da ocorrência de uma “caldera” na região de Campo Alegre, estrutura em geral associada com a presença de ignimbritos riolíticos.

Alguns anos após ter elaborado o mapa geológico do Paraná na escala 1:750.000, **Maack (1961)** realizou um estudo petrográfico e químico, à época bastante completo, sobre manifestações do magmatismo alcalino supersaturado da Serra do Mar no Paraná. O objeto principal desse estudo foram os maciços Graciosa e Marumbi, além do dique de paisanito, situado a W de Curitiba, que havia sido descoberto por Leinz (1937). O trabalho focalizou, especialmente, no Maciço Graciosa, os granitos do Pico Paraná e do “pedestal” da Serra Graciosa. Outras rochas investigadas, deste maciço, foram uma eruptiva ácida, porfírica, componente do Pico Caratuba, e “rochas dioríticas” (51-52% SiO₂), interpretadas como constituindo um fácies marginal do granito alcalino do Pico Paraná. Quanto ao Maciço Marumbi, o mesmo foi descrito como formado por um “biotita granito ácido” (biotita granito rico em quartzo), de tendência alcalina. O trabalho contém discussão sobre a composição mineralógica e o quimismo de todas essas rochas, além de discorrer sobre a idade provável das mesmas. Inclui um “esboço da situação dos maciços de granitos alcalinos da Serra do Mar no Estado do Paraná”, segundo levantamentos feito pelo autor, em escala 1:500.000, até 1955, bem como alguns perfis geológicos transversais aos maciços Graciosa e Marumbi.

Os mapeamentos geológicos pela “Comissão da Carta Geológica do Paraná” (1964-1970), nas escalas 1:50.000, 1:70.000 e 1:75.000, das folhas cartográficas que incluíam, praticamente, todas as massas plutônicas, hipoabissais e vulcânicas (maciços graníticos, diques ácidos e vulcânicas ácidas-intermediárias, respectivamente) ocorrentes na Serra do Mar no Paraná, possibilitaram, então, a obtenção de informações mais detalhadas e uma visão atualizada sobre tais manifes-

tações magmáticas. Os mapeamentos foram realizados por **Fuck et al. (1967d, e; 1970)**, **Cordani et al. (1967)**, **Trein et al. (1969a, b)**, **Muratori et al. (1969a, b)** e **Marini et al. (1970)**.

A visão de conjunto, quanto aos maciços graníticos, à luz dos mapeamentos acima referidos, foi registrada, principalmente, em duas publicações (**Fuck et al., 1967a; 1969**).

Fuck et al. (1967a) sintetizaram descrições, abordando principalmente petrografia e relações de contato, sobre três corpos de granitos - maciços Graciosa, Marumbi e Anhangava. Dados mineralógicos e químicos, obtidos anteriormente por Maack (1961) sobre tais maciços, foram reapresentados. Os contatos entre massas graníticas e embasamento, onde diretamente expostos, foram descritos, geralmente como tectônicos. Os maciços Graciosa e Marumbi foram considerados como tendo-se formado na fase final da orogenia do “Geossinclínio Paraíba” (600 - 400 M. a.), pelo que foram admitidos como tardicinemáticos, enquanto que o Maciço Anhangava, de caráter circunscrito, discordante, foi considerado como, possivelmente, um corpo poscinemático.

Fuck et al. (1969) resumiram, igualmente, dados anteriormente obtidos, registrando que os corpos graníticos da Serra do Mar eram do tipo circunscrito e, com dimensões variadas, podiam ser classificados como “stocks” e batólitos, ambos tipos em geral discordantes das estruturas de suas rochas encaixantes. Do ponto de vista composicional, podiam ser divididos em três tipos: cálcio-alcalino (Maciço Agudos), subalcalino (Maciço Marumbi) e alcalinos (maciços Anhangava, Graciosa e Morro Redondo).

Quanto aos diques ácidos e às vulcânicas ácidas-intermediárias, acima mencionados, os mesmos foram enquadrados, por ocasião dos levantamentos daquela Comissão, na unidade litoestratigráfica que foi denominada Formação Guaratubinha (**Fuck et al., 1967b**) - unidade predominantemente constituída por rochas vulcânicas e sedimentares. Os diques ácidos (direção N30-40E), alojados nestas rochas e em outras, do embasamento cristalino, correspondiam a microgranitos e subsidiariamente a riolitos pórfiros e felsitos. As vulcânicas ácidas se apresentavam como riolitos, lavas riolíticas com estrutura fluidal, riolitos porfíricos, tufos, lapili-tufos, aglomerados e brechas vulcânicas; as vulcânicas intermediárias

revelavam composição andesítica, poucas vezes tendendo a dacítica. A idade desses diques e vulcânicas foi suposta como eopaleozóica, relativa aos estágios finais do desenvolvimento do “Geossinclínio Paraíba”, tendo sido admitido que a Formação Guaratubinha se correlacionava, provavelmente, aos grupos Castro e Itajaí.

Cordani et al. (1968), investigando as rochas graníticas na região do Rio Ribeira do Iguape, registraram que os maciços Guaraú, Mandira e Alto Turvo estavam associados aos migmatitos da Serra do Mar. Interpretados como corpos intrusivos, foram então descritos como “de tendência nitidamente alcalina, esta evidenciada pela presença de anfibólio sódico e textura visivelmente granular”.

Ebert (1971) retomou o estudo das vulcânicas e rochas sedimentares a elas associadas, da região de Campo Alegre, que haviam sido pioneiramente detectadas e investigadas por Almeida (1949). Executou o mapa geológico em escala 1:200.000 dessa região, que cobriu cerca de 250 km², e um perfil geológico NE-SW. Reuniu as rochas sob a denominação de Grupo Guaratubinha, que foi dividido em três formações. As vulcânicas foram identificadas como integrantes, unicamente, das formações superior (Formação Rio Turvo) e média (Formação Campo Alegre): naquela, foram registrados tufos riolíticos e raras camadas de riolito, sendo a porção sedimentar representada por siltitos; nesta, foram observados basaltos, andesitos, traquitos, riolitos e respectivos tufos, sendo a parte sedimentar representada por sedimentos sílticos e arcosianos. Uma chaminé vulcânica de composição riolítica foi detectada justo a S da localidade de Campo Alegre. Um tanto afastados desta, foram constatados afloramentos de vulcânicas ácidas com máficos alcalinos (“barckevicita”, riebeckita e aegirina), inclusive um típico “comendito”. A sequência da “evolução eruptiva” (diferenciação magmática), em toda a região estudada, foi considerada como normal, isto é, do polo básico ao polo ácido, começando com basaltos (e andesitos), passando por traquitos e terminando com riolitos. Isto ficou evidenciado pela distribuição de xenólitos nas rochas vulcânicas: xenólitos de basaltos nos traquitos, de basaltos e traquitos nos riolitos. Duas idades K-Ar (idades mínimas) em rochas totais (traquitos) foram apresentadas: 430 e 460 M.a. (Ebert e Brochini, 1971). A identidade entre as sequências vulcano-sedimentares de Campo Alegre, Guaratubinha e Castro foi aceita, sendo refutada a idéia da equivalência dessas ao Grupo Itajaí.

Albuquerque et al. (1971) realizaram o mapeamento geológico em escala 1:250.000 das quadriculas Blumenau e Joinville, como atividade do Projeto Básico Leste de Santa Catarina (CPRM/DNPM). Na área abrangida por esse trabalho, foram identificados cinco maciços graníticos, que foram descritos resumidamente. Desses, três estavam sendo reconhecidos pela primeira vez e receberam os nomes de Corupá, Dona Francisca e Pirai. O Granito Corupá foi descrito como formado por granitos alcalinos e sienitos também alcalinos; os outros dois maciços, por “granitos alaskíticos”. Os maciços restantes, cuja existência já era conhecida na literatura geológica, eram o Granito Agudos e o Granito Morro Redondo.

Descrições ou referências sumárias foram feitas aos maciços Alto Turvo (**Melcher et al., 1971; Cordani et al., 1971**), Guaraú (**Cordani et al., op. cit.**) e Mandira (**Cordani et al., op. cit.**), como decorrência de mapeamento geológico em escala 1:100.000 das folhas Apiaí (SG.22-X-B-V) e Eldorado Paulista (SG.22-X-B-VI) executado por “Projetos Técnicos e Obras de Engenharia” (PROTEC), como parte do “Projeto Ribeira”, do Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM). Os três maciços foram registrados por Cordani et al. (op. cit.) como possuidores de “tendência alcalina, textura equigranular e caráter nitidamente intrusivo, ora nos mica-xistos, ora nos gnaisses regionais”.

Cordani e Kawashita (1971), em estudo geocronológico pelo método Rb-Sr, apresentaram resultados obtidos em amostras (cinco) de rochas graníticas coletadas nos maciços Guaraú, Marumbi e Anhangava. Tais resultados, junto com outros, conseguidos em amostras tomadas em outras intrusões de granitos alojados no Grupo Açungui, permitiram aos autores a construção de uma isócrona de referência para rochas graníticas, que apontou 541 ± 11 M. a., com razão inicial $Sr^{87}/Sr^{86} = 0,709$. Esta idade foi considerada como sendo a da fase postectônica principal do Cinturão Orogênico Ribeira.

Coutinho (1971), referindo-se aos corpos de granitos da Serra do Mar localizados no Paraná e S do Estado de São Paulo, assinalou que se tratava de “... granitos de tendência alcalina ou francamente peralcalinos (neste caso com ortoclássio pertítico e anfibólio sódico) ... nitidamente tardi ou postectônicos”.

Melcher et al. (1973), discorrendo sobre a geologia e a petrologia das rochas metamórficas e graníticas associadas do Vale do Rio Ribeira do Iguape, en-

quadraram os maciços Mandira, Guaraú e eventualmente Alto Turvo na categoria por eles denominada de “tipo equigranular”, que denotava aparente constância quanto a sua composição petrográfica (granítica). Em tais rochas, biotita aparecia como o ferromagnésiano mais comum; hornblenda, subordinadamente. Anfibólios sódicos (riebeckita e ferro-hastingsita) ocorriam acidentalmente, conferindo às rochas, então, típico caráter alcalino. Os autores destacaram que mencionados maciços guardavam semelhanças (pelas características mineralógicas e texturais de suas rochas) com outros dois, situados no Paraná: maciços Anhangava e Graciosa. Citando trabalhos anteriores sobre geocronologia realizados na área, os autores consideraram as intrusões Guaraú e Mandira como pós-tectônicas, com cerca de 540 M.a..

Algarte et al. (1974), em projeto de mapeamento geológico na escala 1:250.000 da região SE do Estado de São Paulo, do convênio DNPM-CPRM, fez descrições genéricas, resumidas, dos maciços Alto Turvo, Guaraú e Mandira.

Wernick e Gomes (1974) examinaram o tipo de metamorfismo das rochas do Vale do Ribeira do Iguape (SP e PR) e o gradiente geotérmico regional nessa área. Com base em dados normativos, os maciços graníticos foram agrupados em quatro categorias, uma das quais constituídas por “rochas de tendências alcalinas com quartzo normativo em torno de 30%”, em que se enquadravam aquelas dos maciços Mandira e Guaraú, bem como dos maciços Anhangava, Marumbi e Graciosa.

Cordani (1974), em comentários sobre os dados geocronológicos (Rb-Sr e K-Ar) então disponíveis na Folha SG.22-Curitiba, registrou que os maciços Guaraú, Graciosa, Marumbi e Anhangava pareciam ser cogenéticos, formados a partir de material do próprio Cinturão Orogênico Ribeira, pois se posicionavam sobre a mesma isócrona de referência de 541 ± 11 M. a., com razão $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$ inicial de 0,709, obtida anteriormente por Cordani e Kawashita (1971). Essa idade representaria, conforme lembrou aquele autor, a fase pós-tectônica principal da Faixa de Dobramentos Ribeira. (No cálculo da mesma, a constante de desintegração do Rb, λ , foi considerada igual a $1,47 \times 10^{-11}$).

Trainini (1974) realizou o reconhecimento geológico dos locais correspondentes a anomalias radiométricas detectadas anteriormente pela Comissão Na-

cional de Energia Nuclear (CNEN) através de prospecção radiométrica autoportada, nos municípios catarinenses de Campo Alegre, Corupá, Guaramirim, São Bento do Sul e Timbó. Neste trabalho foi identificado o pequenino maciço de granito alcalino, a poucos quilômetros a S de São Bento do Sul, que foi então denominado Granito Serra Alta. Neste corpo se localizaram três anomalias radiométricas, que foram atribuídas ao zircão, um dos minerais acessórios (junto com titanita e óxido de ferro) da rocha componente do maciço.

Gomes et al. (1975a, b) realizaram estudos geoquímicos comparativos em maciços graníticos do Ribeira, a partir de análises químicas completas (elementos maiores e alguns traços) e correspondentes índices normativos, referentes a quase uma centena de amostras de rochas. As bases de correlação usadas foram as composições químicas médias de Nockolds (1954) para granitos, adamellitos e granodioritos mundiais. Cerca de 80% das amostras procedia, entretanto, dos maciços Itaoca e Três Córregos, pelo que tais estudos se ativeram, essencialmente, a esses dois corpos intrusivos. Entre os outros maciços, dois de interesse da presente tese - os maciços Guaraú e Mandira, cujas características principais determinadas foram as seguintes: composição marcadamente granítica, com pequenas diferenças - teores mais altos em SiO_2 e Na_2O , e mais baixos em K_2O , Al_2O_3 , TiO_2 e Ferro total, apresentando, por outro lado, com relação aos outros maciços, teores relativamente mais baixos em Cr, Ni, Sr e Ba, e bastante elevados em Nb e Rb.

Morgental et al. (1975) realizaram, como atividade do “Projeto Sudelpa”, do Convênio DNPM-CPRM, o mapeamento geológico dos maciços Alto Turvo, Guaraú e Mandira, descrevendo-os resumidamente, de modo compatível com a escala de tal mapeamento (1:50.000). As litologias componentes dos três maciços foram registradas como tendo poucas diferenças entre si, correspondendo a granitos do tipo biotita e/ou hornblenda granitos, de granulação média ou grosseira. Os contatos das massas plutônicas com suas encaixantes foram descritos como “nítidos e desarmônicos” (Guaraú e Mandira) ou “marcante, devido a bruscas diferenças de topografia” (Alto Turvo). Os maciços foram considerados como pós-cinemáticos (casos de Guaraú e Mandira) e tardi ou sin-tectônico (caso do Alto Turvo, em função de uma idade K-Ar anômala de 630 ± 20 M. a., nele detectada por Cordani e Bittencourt, 1967).

O “Projeto Leste do Paraná”, executado em 1977, por força de convênios que envolveram os órgãos DNPM-BADEP-IGUFP-CPRM, compreendeu mapeamento geológico de algumas folhas cartográficas na escala 1:100.000. Nestas se localizam dois maciços graníticos de interesse da presente tese: Alto Turvo e Anhangava, que foram descritos, resumidamente, no relatório final desse projeto (Paiva et al., 1977; Lopes Júnior et al., 1977; Batolla Júnior et al., 1977), repetindo praticamente informes que já eram conhecidos sobre as duas massas ígneas. O Maciço Alto Turvo foi reconhecido como formado por rochas do tipo hornblenda biotita granito, enquanto que o Maciço Anhangava foi descrito como tendo, aparentemente, esta mesma constituição incluindo, porém, na composição mineralógica “hornblenda hastingsítica”, o que traduzia o caráter mais alcalino deste maciço em relação àquele.

Hasui et al. (1978) classificaram os corpos de granitóides da Região de Dobramentos Sudeste nos estados de São Paulo e Paraná em termos de cinco “ fácies litológicas”, expressados isoladamente ou de modo associado. Os maciços Guaraú, Mandira, Alto Turvo, Graciosa, Marumbi, Anhangava, Serra da Igreja, Agudos e Morro Redondo foram considerados, nesse estudo, todos correspondentes a um só desses fácies, o “Fácies Graciosa”, essencialmente caracterizado por granitos alcalinos e subalcalinos, isótopos, de cor cinza clara a rósea, granulação média a grosseira, textura granular hipidiomórfica ou xenomórfica, localmente porfirítica.

Wernick e Penalva (1978) fizeram uma síntese sobre as rochas graníticas do S do Brasil, relacionadas ao Cinturão de Dobramentos Ribeira compartimentado, tectonicamente, em “faixas de dobramentos” e “maciços medianos”. Os maciços graníticos foram, aí, classificados em cata, meso e epi-tectônicos, bem como em sin, tardi e pós-tectônicos, constituindo intrusões simples ou polidiapíricas, controladas por dobramentos e/ou por falhas. Sua composição variava desde dioritos até verdadeiros granitos, quimicamente classificados desde cálcio-alcalinos até alcalinos. Tal magmatismo foi considerado como típico de áreas geossinclinais. Maciços de interesse da presente tese foram considerados formando dois alinhamentos: alinhamento S, constituído pelos corpos Corupá, Pirai, Dona Francisca, Morro Redondo e Mandira; alinhamento N, formado pelos corpos Anhangava, Graciosa, Marumbi, Alto Turvo e Guaraú. Todos esses corpos foram

registrados como tendo composição alaskítica ou composição de tendência alcalina, pós-tectônicos e meso-tectônicos, com contatos intrusivos nítidos (concordantes ou discordantes) ou contatos tectônicos. Foi destacada a associação que mantinham com “depósitos molássicos clásticos e efusivos ... depositados em bacias tectônicas”.

Sartori e Rüegg (1979), com base em dados obtidos em mapeamento de detalhe do Complexo Granítico de São Sepé (Rio Grande do Sul), propuseram que as rochas graníticas e vulcânicas ou subvulcânicas ácidas da Região Orogênica do Sudeste da América do Sul fossem consideradas como tendo-se formado em três fases - uma sin-tectônica, duas pós-tectônicas: fase sin-tectônica, de 700 a 610 M. a., correspondente à formação de granodioritos e granitos monzoníticos, por vezes com estrutura orientada; fase pós-tectônica, de 570 a 500 M. a., referente à manifestação de granitos equigranulares subalcalinos; fase pós-tectônica, de 520 a 430 M. a., relativa ao surgimento de vulcânicas ou subvulcânicas ácidas e piroclásticas associadas, de composição em geral riolítica, todas ligadas, estrutural e/ou cronologicamente, aos granitos pós-tectônicos. Essencialmente, entretanto, tais fases de magmatismo já tinham sido evidenciadas no trabalho de Monaco et al. (1974).

Wernick (1979) fez um estudo sobre o magmatismo granitóide das regiões de dobramentos N e S do Brasil, magmatismo este que considerou sob a forma de suítes, que classificou em Sin-tectônica (650 ± 30 M. a.), Tardi-tectônica (540 ± 25 M. a.) e Pós-tectônica (510 ± 60 M. a.). Tais suítes foram divididas, por sua vez, em “associações”. A Suíte Pós-tectônica, na qual se encaixam todas as manifestações magmáticas em estudo na presente tese, foi dividida em: Associação Plutônica (maciços granitóides) e Associação Efusiva-Fissural (manifestações efusivas, piroclásticas e sob a forma de diques). Chamando a atenção para a grande complexidade que, não raro, os corpos granitóides componentes dessas três suítes apresentavam, formando “complexos polidiapíricos”, o autor analisou, por outro lado, o controle do alojamento desses corpos por diferentes feições tectônicas (falhas, lineamentos...), bem como aspectos genéticos, admitindo para a Suíte Pós-tectônica uma origem muito profunda, “... por anatexis dos níveis mais profundos

da crosta sílica, junto à interfície com o manto com possível contribuição de material juvenil ou mesmo por diferenciação direta de magmas juvenis do manto”.

Como atividade subordinada, dentro do Projeto Geoquímica na Área Guaratubinha-Piên (DNPM/CPRM), desenvolvido entre 1977 e 1980, foi realizado o mapeamento geológico em escala 1:50.000 das regiões e respectivas vizinhanças da bacia de Campo Alegre, do gráben de Corupá e da bacia do Rio Guaratubinha. O conhecimento geológico dessas áreas, como resultado final de tal mapeamento foi divulgado inicialmente por **Daitx (1979a, b)**; posteriormente, por **Daitx (1979c, d)** e por **Daitx e Carvalho (1980)**. Basicamente, não só quanto às manifestações vulcânicas e plutônicas, mas quanto à geologia, de um modo geral, esses autores mantiveram para as áreas mapeadas o que já era conhecido em trabalhos anteriores, notadamente naqueles de **Ebert (1971)** e **Fuck et al. (1967b)**.

Issler et al. (1980), com base em mais de uma centena de análises químicas (elementos maiores e menores), obtidos por ocasião de vários trabalhos anteriores, avaliaram as perspectivas metalgenéticas de alguns maciços graníticos da Folha SG.22-Curitiba, entre os quais os maciços Mandira, Guaraú, Graciosa, Marumbi e Anhangava.

O “Projeto Integração e Detalhe Geológico no Vale do Ribeira” (**Batista Júnior et al., 1981**), do Convênio DNPM/CPRM, consistiu no mapeamento geológico em escala 1:100.000, integrando muitos informes de trabalhos anteriores, de quatorze folhas cartográficas que cobrem a região do Vale do Ribeira, no E do Paraná e S do Estado de São Paulo, entre os paralelos 24°00’ e 25°30’ de latitude S. Tal mapeamento foi acompanhado de levantamentos, em escala 1:25.000, de áreas restritas (com mineralizações plumbíferas), dentro das referidas folhas, áreas nas quais foram realizados também levantamentos geoquímicos e geofísicos. Na região desse projeto, se localizam os seguintes maciços graníticos, de interesse da presente tese: Graciosa, Marumbi, Anhangava, Alto Turvo, Guaraú e Mandira. Nela se localizam, também de interesse dessa tese, diversos diques ácidos, a SW do Granito Alto Turvo, entre as serras da Virgem Maria e da Repartição. Todas essas manifestações ígneas foram, nesse projeto, descritas resumidamente, de modo adequado à escala em que foram mapeadas (1:100.000). Tais descrições (**Silva, 1981 a, b, c**; **Godoy e Silva, 1981**) registraram que referidos maciços são mani-

festações magmáticas pós-cinemáticas, brasileiras, seguidamente alcalinas ou de “tendência alcalina”, intrusivas, com contatos em geral tectônicos. Os diques ácidos, comumente orientados segundo N30-50°E, apresentaram composições de granito pórfiro, microgranito e granófiro, sendo considerados como manifestações fissurais finais do Ciclo Brasileiro, “correlacionáveis à fase final da gênese da Formação Guaratubinha, definida fora dos limites da área (do Projeto) a SW de Morretes” (Silva, 1981 a).

Boin et al. (1982) estudaram as mineralizações polimetálicas hidrotermais (sulfetos de Pb, Zn, Cu e Mo) associadas ao Maciço Mandira, que haviam sido reveladas, pouco antes, por investigações desenvolvidas pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT). Tais mineralizações se apresentavam em veios, diques, bolsões e zonas de cisalhamento dentro do maciço, estando em geral relacionadas a alteração hidrotermal do tipo propilítica das rochas graníticas (silicificação, cloritização e epidotização de zonas intensamente fraturadas dessas rochas).

Wernick (1982) estudou o magmatismo granitóide brasileiro do S do Brasil, evidenciando que o mesmo decorreu através do desenvolvimento de três “linhagens evolutivas”: granitos anatóticos (de derivação crustal), granitos porfíroides (vinculados à interação manto/base da crosta) e granitos alcalinos (vinculados, igualmente, a tal interação, porém acompanhada de fatores modificadores, que lhe conferiam caráter específico). As linhagens podiam ser constatadas isoladamente ou intimamente associadas.

Kaul et al. (1982b), com base em dados litoquímicos e geocronológicos, à época disponíveis, definiram a “Suíte Intrusiva Serra do Mar”, que agregou 16 maciços graníticos das folhas SG.22-Curitiba e SG.23-Iguape, nomeadamente, maciços Agudos, Alto Turvo, Anhangava, Corupá, Dona Francisca, Graciosa, Guaraú, Ilha do Cardoso, Mandira, Marumbi, Morro Redondo, Piraí, Serra Alta, Serra da Igreja, Serra do Paratiú e Subida. Considerados, à luz daquelas informações, como possuidores de características anorogênicas, esses maciços foram imaginados como tendo surgido na crosta “no final do Proterozóico Superior e início do Eopaleozóico, fora do Ciclo Brasileiro, quando a região em que se encontram, sob ação de esforços distensivos, assistia à elaboração de rifts intracontinentais”.

Kaul et al. (1982a) apresentaram e discutiram novos dados, retomando idéias expressadas por **Kaul et al. (1982b)**, e em apoio a asserções registradas por estes autores: conceberam os produtos do plutonismo e do vulcanismo, bem como da sedimentação, gerados desde o final do Proterozóico Superior até o Eopaleozóico (aproximadamente, de 600 a 450 M. a.), na Serra do Mar e vizinhanças - domínios das folhas SG.22-Curitiba e SG.23-Iguape, como tendo-se formado em razão de um episódio marcante da história geológica dessa região, ao qual deram a denominação de “Episódio Campo Alegre”. A formação das bacias onde se depositaram os produtos vulcano-sedimentares nessa fase evolutiva (distensional) da crosta foi comparada, como já o haviam feito **Kaul et al. (1982b)**, à formação de “rifts” intracontinentais. Foi destacado que, não obstante sua proximidade temporal e geográfica do Evento Brasileiro (1.000 - 650 M. a.), que “representava uma fase compressional da evolução da crosta”, tal episódio deveria ser considerado como “completamente desvinculado desse evento, dadas suas características ... de episódio anorogênico”. Foi observado, entre outros aspectos, que o plutono-vulcanismo do episódio havia incidido não só em terrenos de cratonização muito antiga, pré-brasiliana, como em terrenos que recém haviam completado sua consolidação.

Biondi (1983) elaborou a mapa geológico, em escala 1:250.000, da área do escudo do Estado do Paraná, considerando dados obtidos nos principais trabalhos de mapeamento geológico realizados, até então, na referida área. Os maciços Graciosa, Anhangava, Marumbi, Agudos, Morro Redondo, Serra da Igreja e Alto Turvo foram considerados nesse mapa como componentes de uma “suíte”, que foi denominada “Suíte Granítica Alcalina”, composta, em termos de litologias, por “granitos alcalinos e subalcalinos”.

Kaul (1984) examinou o significado das intrusões da “Suíte Intrusiva Serra do Mar”, na evolução da crosta do S-SE do Brasil (folhas SG.22-Curitiba e SG.23-Iguape), levando em conta: quanto a tais intrusões, dados geométricos (forma e tamanho), geocronológicos e de controle estrutural, além de informes petrográficos e químicos; quanto aos terrenos encaixantes das mesmas, dados geofísicos e geocronológicos. Concluiu, principalmente, que as referidas intrusões (“granitos anorogênicos”) atestavam que, a cerca de 600 M. a. a crosta continental da área em consideração havia sido submetida a distensão associada a “rifting”,

movimentos verticais e fenômenos profundos tais como afinamento litosférico e “upwelling” do manto.

Issler (1984) fez uma extensa compilação de dados principalmente químicos até então existentes na literatura geológica, acerca dos plutões granitóides da Região S do Brasil, que foram agrupados em “suítes intrusivas orogênicas” e “suítes intrusivas anorogênicas”. Nestas, foram incluídos todos os maciços em estudo na presente tese.

Fiori (1984) mapeou em escala 1:50.000 a porção central do Granito Agudos, dividindo-a em cinco “fácies graníticas” (que foram denominados A, B, C, D e E), bem como em “estruturas”, representadas por corpos graníticos. Os fácies foram definidos em função de textura, cor e composição das rochas, havendo não raro, entretanto, semelhanças marcantes entre os mesmos. Com distribuição aproximadamente concêntrica (fácies E, o mais externo; fácies A, o mais interno), os fácies correspondem todos a biotita $\pm$ hornblenda granitóides, que foram agrupados em “tipo magnetita-granito” (fácies C, D e E) e “tipo ilmenita-granito” (fácies A e B). Em alguns casos, as rochas se apresentam extremamente pobres em minerais máficos. Três falhas importantes foram mapeadas, relacionadas ao maciço e assim denominadas: falha de Agudos do S (NE-SW), falha de Papanduvras-Lagoa (NE-SW) e falha Papanduvinhas (N-S). Foi admitido que o maciço se formou em três fases sucessivas de intrusão, num esquema de evolução centrípeta. (O autor, entretanto, não dispôs, para a definição deste, de dados de datação radiométrica, nem de evidências de campo sobre a intrusão de um fácies em outro). À falha de Papanduvras-Lagoa, que secciona diferentes fácies, estaria relacionado um possível metassomatismo potássico, que teria originado “veios” e bolsões ricos em feldspato potássico. O modelado do relevo, na região, foi admitido como relacionado ao comportamento diferencial dos distintos “fácies graníticas” diante dos processos intempéricos.

Issler e Freire (1985) fizeram uma síntese sobre as intrusões graníticas do S do Brasil, relacionando-as em diferentes suítes intrusivas, que foram classificadas em “orogênicas” e “anorogênicas”. Consideraram, por outro lado, cada intrusão de acordo com a tipologia “I”, “S” ou “A”. No quadro de uma visão mobilista, as atividades ígneas foram relacionadas a margens continentais ativas (caso da

atividade orogênica) e a partes internas dos crátons(caso da atividade anorogênica).

Janasi e Ulbrich (1985 a, b) realizaram compilações de dados disponíveis relativamente a cerca de duzentas ocorrências citadas de granitóides do Estado de São Paulo objetivando, em (a), uma avaliação de tais dados acompanhada, em (b), de um ensaio interpretativo sob os pontos de vista petrológico e geotectônico. Localizados no extremo S do Estado de São Paulo, os maciços Alto Turvo, Guaraú e Mandira, citados especificamente apenas em (b), se encaixam na categoria de granitóides que, nesta contribuição, foram considerados como sendo das fases finais do Ciclo Brasileiro, “claramente pós-tectônicos (tipo A)”, com afinidade alcalina, associados a granófiros subvulcânicos e granitos pórfiros, sugerindo relacionamento genético com uma tectônica distensional tardia.

Kaul (1985) sintetizou o magmatismo do S-SE do Brasil (do NE do Estado de Santa Catarina ao E do Estado de São Paulo), ocorrido no Proterozóico Superior-Eopaleozóico, em quatro tipos: alcalino-peralcalino, cálcio-alcalino, crustal e toleítico, deduzindo, a partir do significado tectônico comumente atribuído aos mesmos, um esquema evolutivo da crosta dessa região no referido intervalo de tempo geológico. O magmatismo alcalino-peralcalino, tipicamente intraplaca e inteiramente alojado no Cráton de Luís Alves, fazia-se representar por “stocks e pequenos batólitos graníticos, diques de riolito e microgranito, derrames de riolito, traquito e raros basalto, andesito e rochas piroclásticas”.

Fassbinder et al. (1985) realizaram uma análise dos lineamentos tectônicos, suas relações com os maciços graníticos e possíveis mineralizações associadas nos terrenos pré-cambrianos do Paraná. Verificaram a existência de quatro sistemas de lineamentos, dos quais três foram admitidos como resultado de um processo de deformação relacionado às principais falhas transcorrentes. Os maciços foram interpretados como associados a esses quatro sistemas, aos quais também foram relacionadas mineralizações hidrotermais, em geral muito escassas. (A um mesmo lineamento, observa-se que foram relacionados não raro maciços que, na realidade, tem idades distintas além de denotarem diferentes tipologias).

Kaul (1987) considerou como componentes de “uma importante província magmática”, alcalina e predominantemente supersaturada em sílica, locada nos mais antigos terrenos pré-cambrianos dos estados do Paraná, Santa Catarina e

Rio Grande do Sul, cerca de vinte intrusões granitóides. De idade referente ao intervalo de tempo que vai do final do Proterozóico Superior ao começo do Eopaleozóico, tal província foi apresentada como expressão, também, de atividade vulcânica, “sob a forma de derrames de lavas, diques e sills de composição predominantemente riolítica”. Entre as vinte referidas intrusões, contavam-se todos os maciços graníticos em foco na presente tese, à exceção daqueles do extremo S do Estado de São Paulo - maciços Alto Turvo, Guaraú e Mandira. O objetivo desse trabalho foi “reunir, resumidamente, dados petrográficos, petroquímicos e geocronológicos sobre os granitos e granitóides dessa província, bem como lançar alguma luz sobre o problema da origem e do significado geotectônico dessas rochas”. Foi verificado que, aparentemente, predominavam amplamente granitos metaluminosos (conhecidos em pelo menos quatorze maciços) sobre todos os outros tipos de rochas plutônicas da província. Os sienitos (metaluminosos) eram muito raros. Em geral, granitos metaluminosos (e peraluminosos) correspondiam a biotita e/ou hornblenda-granitos, enquanto que granitos peralcalinos eram dos tipos riebeckita e/ou aegirina e/ou arfvedsonita-granitos, bem como granitos portadores de hastingsita. No diagrama QAP de Streckeisen, essas rochas se mostravam posicionadas em dois campos, definidos por Lameyre e Bowden (1982) como aqueles: (1), da série granitóide alcalina (granitos peralcalinos) e (2), dos granitóides aluminosos das províncias alcalinas (granitos meta e peraluminosos). Algumas feições tectônicas da província e áreas vizinhas - feições como aquelas descritas em Kaul et al (1982b), foram consideradas compatíveis com a idéia de que o magmatismo em causa tinha vínculos genéticos com processos distensionais que induziram à elaboração de “rifts” continentais. Os dados relativos a razões iniciais Sr^{87}/Sr^{86} (0,704 a 0,712) levaram a que fossem imaginadas fontes mantélicas para os granitóides, com maior ou menor contaminação por materiais da crosta.

Oliveira et al. (1987) realizaram um estudo sobre o Granito Guaraú, com base em dados geológicos, petrográficos, mineralógicos e litoquímicos de afloramentos e amostras referentes a cerca de 50% da extensão dessa massa ígnea. Tais dados foram obtidos através de trabalhos desenvolvidos pelo IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT, 1985, 1986, apud Oliveira, op. cit.) para a Secretaria da Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo

(Programa de Desenvolvimento de Recursos Minerais/Pró-Minério). O maciço, retratado em esboço geológico e estrutural em escala aproximada de 1:140.000, foi considerado como constituído por duas unidades faciológicas denominadas “Desembarque” (sienogranitos equigranulares, de granulação média a fina) e “Azeite” (mesopertita granitos equigranulares, de granulação grosseira a média). Diagramas litoquímicos indicaram que tais unidades de granitos correspondiam a manifestações de plutonismo alcalino/peralcalino, intraplaca (anorogênico), tipo “A”. Ambas unidades foram afetadas por processos de alteração tardi a pós-magmáticos, definidos como metassomatismo sódico e greisenização .

Soares et al. (1988), relatando alguns resultados da utilização de sensoriamento remoto em geologia exploratória no Paraná, apresentaram dois mapas (escala aproximada 1:70.000) da porção paranaense (porção NW) do Granito Morro Redondo; um de análise das propriedades morfológicas das imagens Landsat e de radar; outro representando a interpretação de tal análise. Neste último, referida porção de maciço granítico se apresenta como parte de um corpo anelar, com “elementos anelares positivos (possivelmente diques) e negativos”, seccionado por grandes fraturas.

Chiodi Filho et al. (1989) realizaram um estudo de ETR de granitóides situados em diferentes segmentos dos terrenos pré-cambrianos do Paraná, objetivando, pela ótica de tais elementos, a caracterização dessas manifestações plutônicas, bem como sua avaliação metalogenética. Esse estudo foi baseado no modelo apresentado por Keqin et al. (1984 apud Chiodi Filho et al., op. cit.) para os granitóides do S da China, que dividiu estes em três séries, denominadas “Sintexia”, “Derivação Mantélica” e “Transformação”. Além de padrões específicos de elementos terras raras, essas séries apresentavam características químicas (quanto a outros elementos químicos) e metalogenéticas próprias, bem como correspondiam a diferentes ambientes geotectônicos. Os granitóides da Serra do Mar, de interesse da presente tese, que tiveram dados analisados nesse estudo, correspondem aos maciços (não só paranaenses) Morro Redondo, Serra da Igreja, Graciosa, Marumbi, Anhangava, Mandira e Guaraú, que foram considerados, todos, da “Série de Transformação”, derivada de crosta continental, típica de zonas de tectonismo intracontinental ou colisional intercontinental. Do ponto de vista metalogenético, os grani-

tos e granitóides dessa série tem vocação a conterem mineralizações relacionadas a “greisens”, de Sn, W, Be, Nb, Ta e U. Não obstante, os autores concluíram que tais corpos graníticos, mesmo tendo algumas ocorrências conhecidas de Sn (Pb, Zn e Mo), “não caracterizam prospectos interessantes, o que é justificado ... pelo acentuado nível de erosão de sua faixa de afloramento (estimado em 8 km); pela natureza das encaixantes (dominantemente infracrustais e portanto anídras); e pela presumida erosão das zonas de cúpula das intrusões”.

Oliveira (1989) fez um estudo petrológico do Granito Mandira, em seguimento a trabalhos realizados no mesmo e em outras intrusões graníticas do S paulista pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (**IPT, 1981; 1982a, b; 1984 a, b, c; 1985; 1986 a, b apud Oliveira, op. cit.**). O estudo focalizou petrografia, mineralogia, litoquímica, termobarometria de inclusões fluidas e petrogênese desse maciço granítico, que foi mapeado na escala 1:50.000. Tal mapeamento revelou a existência de três unidades faciológicas, que foram denominadas: “Acarau” (constituída principalmente por mesopertita granito com ferrohastingsita; presente na parte S do maciço), “Mandira” (constituída por mesopertita granito com riebeckita; compõe a maior parte do maciço) e “Mandira 1” (constituída por sienogranito; presente em quatro áreas nas bordas do maciço). Além dessas unidades, o corpo intrusivo contém litologias resultantes de processos tardi a pós-magmáticos - greisenização, albilização e feldspatização potássica, por vezes associados a intenso hidrotermalismo. Relacionadas a tais processos, o maciço contém porções enriquecidas em Zn, Pb, Cu ..., onde se constatamineralizações de esfalerita, galena, calcopirita, pirita, etc.. O estudo litoquímico mostrou, notadamente, que o maciço apresenta características químicas comparáveis àquelas das manifestações plutônicas tipo “A”, intraplacas, anorogênicas. Um modelo petrogenético foi proposto para o maciço, envolvendo, principalmente: existência de um magma básico juvenil em ascensão do manto; fusão parcial da crosta inferior (granulítica) pelo calor latente de cristalização desse magma. Mineralizações possíveis de Sn nas zonas apicais do maciço teriam desaparecido em razão destas terem sofrido erosão excessiva.

Em síntese sobre o magmatismo granitóide do Proterozóico Superior do Estado de São Paulo, **Janasi e Ulbrich (1991)** com base em dados petrográficos,

geoquímicos, relativos a tipos de rochas associadas e, quando possível, dados geocronológicos, reuniram os corpos intrusivos de granitóides em sete grupos, destacando as principais feições de cada um destes (composição predominante, minerais máficos principais, modo de ocorrência, etc.). O estudo incluiu a abordagem de aspectos genéticos, bem como comentários sobre o cenário tectônico, relativamente a cada grupo de granitóides. Os corpos intrusivos correspondentes à Serra do Mar, no extremo S do Estado de São Paulo, ligados à Suíte Intrusiva Serra do Mar (Kaul et al, 1982), foram considerados (ênfase destacado para o Maciço Mandira) como componentes do grupo “posorogênico, tipo A”. Neste, foi reconhecida a presença de duas séries distintas de granitóides (presentes, comumente, nos corpos intrusivos da referida suíte): série alcalina e série aluminosa - aquela derivada, possivelmente, do manto; esta relacionada, principalmente, a fusão da crosta. O cenário tectônico daqueles corpos intrusivos da Serra do Mar foi registrado como aquele de terrenos cratônicos (parcialmente retrabalhados), sob regime tectônico distensional (Kaul et al., op. cit.).

Machiavelli (1991), em seu trabalho sobre os granitóides deformados da região de Piên (PR), incluiu uma descrição de parte da porção S do Maciço Agudos, que ocorria em sua área de estudo. Desta descrição, destaca-se o seguinte: tal parte deste maciço corresponde a granitos do tipo biotita granitos (muito raramente com anfibólios), isótipos, de granulação média a grosseira, raramente fina; englobados na massa granítica ocorrem xenólitos de gnaisses granulíticos quartzo-feldspáticos, bem como dois pequenos corpos básicos de composição gabrodiorítica (um dos quais, pelo menos, já reconhecido em trabalhos anteriores); o contato desses corpos com granito é em geral transicional; aspecto estrutural importante desses corpos é o da concentração de megacristais (que sugeriram, ao autor, processos de acumulação de cristais); como aspectos texturais relevantes da zona de transição corpo básico-granito, foram observados quartzo mantelado por anfibólios, bem como plagioclásios corroídos e mantelados por feldspato potássico e anfibólio (que indicaram ao autor que referida zona representava “uma fase de mistura entre um magma ácido, no caso Granito Agudos, e um magma básico, no caso os dois corpos de diorito-gabros”).

Oliveira e Xavier (1992) estudaram as características das inclusões fluidas presentes em quartzo e esfalerita em três tipos de greisens e um veio de quartzo, relacionados ao Granito Mandira. Determinaram que dois tipos de fluídos estiveram, possivelmente, envolvidos no processo de greisenização desse maciço granítico: um fluido aquoso, de salinidade baixa, com CO₂ e quantidades muito subordinadas de outros voláteis dissolvidos (como, por exemplo, CH₄); outro fluído essencialmente aquoso, de salinidade moderada a baixa, contendo, além de NaCl, quantidades subordinadas de KCl e talvez CaCl₂. Temperaturas de homogeneização total em inclusões aquosas presentes nos sericita-quartzo-greisens variaram de 110 a 290°C. Temperaturas de homogeneização total para as inclusões aquosas em quartzo de veio concentraram-se entre 125 e 200°C.

Janasi e Ulbrich (1992) elaboraram um inventário bibliográfico bastante completo dos maciços graníticos do Estado de São Paulo. Neste trabalho, os maciços, entre os quais aqueles de interesse da presente tese, localizados em referido estado - maciços Alto Turvo, Guaraú e Mandira, correspondem a fichas de ocorrência (uma para cada maciço), em que constam, abreviadamente, informes sobre localização, geologia regional, tipos de contatos, encaixante, petrografia, mineralogia, tipo tectônico, etc, inclusive citações bibliográficas (até 1992).

Kaul e Cordani (1994) abordaram, em caráter preliminar, aspectos petrográficos, geoquímicos e geocronológicos dos maciços graníticos da Serra do Mar do E Paranaense e vizinhanças. Dividiram as rochas componentes desses corpos em três categorias: 1 - granitóides deformados, de tipo tardiorogênico, de quimismo cálcio-alcalino, que integram um provável arco magmático; 2 - granitos isótopos, de tipo intraplaca, meta ou peraluminosos, raramente peralcalinos, em geral do tipo subsolvus, tendo como máfico dominante a biotita; 3 - rochas da associação granito/quartzo-sienito/sienito, igualmente do tipo intraplaca, em geral peralcalinos e do tipo hipersolvus. Com base em alguns dados geocronológicos preliminares (isócronas Rb-Sr, de afloramento) obtidos para alguns maciços, foi suposto que a maior parte das manifestações plutônicas estudadas era do tipo posorogênico. Por outro lado, foi considerado que o plutonismo em causa durou, pelo menos 60 milhões de anos, sendo que as razões iniciais Sr⁸⁷/Sr⁸⁶, relativamente elevadas em relação a valores puramente mantélicos, indicavam envolvimento da crosta no pro-

cesso formador dos magmas graníticos. As rochas da associação granito/quartzo-sienito/sienito, representantes, possivelmente, do evento plutônico mais jovem, na sucessão de intrusões graníticas, lembravam aquelas que, em outras regiões do Planeta, haviam sido interpretadas (por exemplo, por Bonin, 1990) como de tipo “anorogênico precoce”.

Siga Júnior et al. (1994) realizaram interessante estudo sobre os maciços graníticos da Serra do Mar (maciços Graciosa, Anhangava, Marumbi, Serra da Igreja, Agudos, Dona Francisca, Piraí, Corupá e Morro Redondo), discutindo o surgimento das mesmos na crosta à luz, principalmente, de interpretações geocronológicas. Inseridos em dois domínios geotectônicos com evoluções próprias e distintas, denominados “Domínio Luís Alves” e “Domínio Curitiba”, os maciços foram apresentados como sendo compostos à base de “granitos alcalinos-peralcalinos, que mostram variedades quartzo-sieníticas a sieníticas ...”. A investigação geocronológica, feita em alguns dos maciços, envolveu os métodos Rb-Sr (isócronas/rocha total), U-Pb (zircões), Sm-Nd (T_{DM}) e K-Ar (minerais). Como período principal de colocação desses maciços foi considerado aquele do intervalo de tempo 595-550 M. a., conforme os dados U-Pb e Rb-Sr, indicando, aqueles, épocas relacionadas à cristalização dos zircões; estes, o fechamento do sistema a nível de rocha total. As idades modelo Sm-Nd (T_{DM}), interpretadas como relativas às épocas de diferenciação, a partir do manto superior, dos precursores crustais dos maciços, indicaram, quase invariavelmente, valores transamazônicos (1.980 - 1.850 M. a.). Junto a esses dados, foram considerados outros (U-Pb em zircões; Rb-Sr em rocha total), para comparações, relativos aos granitóides foliados do Cinturão Granitóide Costeiro, situado justo a E do Domínio Luís Alves. Tais informes indicavam o intervalo etário 615-575 M. a. como sendo o da geração desses granitóides e da sua colisão (ao final do intervalo) com os terrenos do Domínio Luís Alves. A grande semelhança entre as idades desta granitogênese orogênica com aquela dos maciços graníticos dos domínios Luís Alves e Curitiba, permitiu aos autores a interpretação de que a colocação de tais maciços foi reflexo do desenvolvimento do Cinturão Granitóide Costeiro.

Góis (1995) fez um estudo petrográfico e geoquímico envolvendo, este, elementos maiores, menores e traços, inclusive ETR, das porções setentrional e

central do Granito Morro Redondo, que foram mapeadas na escala 1:50.000. Revelando a existência de rochas vulcânicas e subvulcânicas, em extensões consideráveis, intimamente relacionadas a essa massa granítica, o trabalho deu prosseguimento e consubstanciou investigações preliminares, que haviam sido realizadas na mesma (Góis e Machado, 1992; 1995; Machado et al., 1993). Entre as rochas vulcânicas, representadas, todas, de um modo indiviso no mapa geológico, foram identificados riolitos, basaltos e, muito raramente, rochas de composição intermediária (andesito e andesito-basalto). Os riolitos predominam, em termos de volume e distribuição geográfica na área. As subvulcânicas, reconhecidas em vários pontos, tem composição ácida. As rochas graníticas foram agrupadas em três fácies (não distinguidas no mapa geológico): fácies Cinza, Branca e Rósea-Avermelhada, as duas primeiras correspondentes a álcali-feldspato granitos com riebeckita e aegirina, a última a sienogranitos e álcali-feldspato granitos com biotita/anfibólio/piroxênio. Do ponto de vista petrográfico, riolitos e granitos das fácies Cinza e Branca apresentaram a mesma identidade, bem como as mesmas características geoquímicas (ambos tipos de rocha revelaram elevado grau de alcalinidade), apontando no sentido de uma vinculação genética entre tais manifestações ígneas. A possível ligação, também genética, entre riolitos e basaltos, não pôde ser testada em termos conclusivos. O plutono-vulcanismo do maciço revelou características de magmatismo tipo “A”, intraplaca, surgido em condições anorogênicas. No estudo, foi destacada a semelhança existente entre o comportamento geoquímico do maciço e aqueles de outros corpos ígneos, pertencentes às suítes intrusivas Serra do Mar (SC, PR, SP) e Ramada (RS), bem como componentes das suítes Gabo e Mumbulla (SW da Austrália). Foi destacado, também, o fato de haver similaridades entre as rochas vulcânicas estudadas e aquelas de “várias bacias molássicas eopaleozóicas do S do Brasil e Uruguai” e os riolitos e basaltos da Suíte Naivasha do Rift Valley do Quênia. Com referência, especificadamente, aos basaltos identificados no maciço, foi salientado, ao final, que “é importante frisar a diferença geoquímica dos mesmos quando comparados aos basaltos da Bacia do Paraná, sendo muito difícil a existência de alguma relação genética entre ambos”.

Siga Júnior (1995), em capítulo especial de seu estudo da evolução geotectônica dos terrenos pré-cambrianos do SE do Paraná e NE de Santa Catarina,

focalizou o plutono-vulcanismo neoproterozóico dessa região, abordando, principalmente, a geocronologia dos maciços graníticos e dos derrames vulcânicos, favorecido por quantidade expressiva de dados radiométricos que obtivera nos mesmos, através de diferentes metodologias de datação (Rb-Sr em rocha total, U-Pb em zircões, Sm-Nd em rocha total - idades modelo, K-Ar em minerais). Nesta parte de seu estudo, o autor confirmou conclusões que, praticamente, já haviam sido antecipadas em artigo publicado pouco antes (Siga Júnior et al., 1994). Avaliados, então, em termos finais, os dados radiométricos acima referidos (que serão, quase todos, utilizados e discutidos na presente tese) tornaram a indicar àquele autor: notadamente, que todas as manifestações ígneas em pauta se formaram provavelmente num mesmo período principal de tempo, 600-570 M.a., “quando predominava um regime tectônico distensivo, relacionado ao adelgaçamento crustal, envolvendo o Domínio Curitiba e parte do Domínio Luís Alves”. Tal adelgaçamento, frisa o autor, poderia ser resultado da justaposição do Cinturão Paranaguá aos terrenos (“ante-país”) onde se inseriam os maciços graníticos e os derrames vulcânicos.

Harara (1996), em estudo estrutural, petrológico e geocronológico dos diferentes litotipos da região de Piên (PR) e arredores, investigou a porção S do Granito Agudos, identificando nesta quatro fácies que designou de Ag₂, Ag₃, Ag₄ e Ag₅. Os componentes litológicos desses fácies mostraram, em conjunto, uma variação desde sienogranitos até granodioritos, com granulação bastante variada. Como componentes máficos, esses litotipos revelaram essencialmente biotita e hornblenda, indicativa do caráter meta/peraluminoso de tais granitóides. Análises químicas de apenas três amostras desses litotipos foram consideradas nesse estudo que, relativamente à geocronologia do maciço em causa, limitou-se a reapresentar, acompanhados de considerações críticas, dados etários divulgados, originalmente, por Girardi (1974) e Siga Júnior (1995).

Resumindo-se, os conhecimentos sobre o magmatismo da SMA, desde seus primórdios, na década dos anos 10, até, praticamente, os dias que correm, podem ser relatados como tendo evoluído ao longo de cinco fases:

1ª fase) - Dos anos 10 aos anos 20.

Inicialmente, referências vagas foram feitas sobre a existência de granitos na Serra do Mar (Paraná). Descreveram-se, a seguir, alguns afloramentos dos mesmos, inclusive de outros tipos de rochas (quartzo de veios, pegmatitos, sienito) a eles aparentemente relacionados.

2ª fase) - Dos anos 30 ao começo dos anos 60.

Identificação e descrição pouco mais pormenorizada de novos afloramentos e de corpos de constituição granítica, bem como de outros afloramentos e corpos de rochas de natureza vulcânica ácida. Conhecimentos esparsos. Ao final dessa fase, um marco no conhecimento do magmatismo da Serra do Mar: a publicação de Maack (1961) - primeiro estudo petrográfico e químico (à época bastante completo) sobre os “granitos alcalinos do Paraná”.

3ª fase) - De meados dos anos 60 ao início dos anos 70.

Mapeamentos geológicos das folhas cartográficas que abrangem os maciços graníticos e as manifestações vulcânicas nas escalas 1:50.000 e 1:70.000 no E do Paraná, 1:100.000 no S de São Paulo e 1:250.000 no E de Santa Catarina: executados, aqueles primeiros, no E paranaense, pela Comissão da Carta Geológica do Paraná (1964-1970); os restantes, pelo Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM (1971). Nos mapas, um só tipo de simbologia ou cor, em geral, para representar os maciços; eventuais diferenciações litológicas ou faciológicas constatadas nestes foram registradas apenas em textos referentes aos mapas. Os corpos graníticos, abreviadamente descritos, foram definidos, na sua maior parte, como intrusivos, alcalinos ou de tendência alcalina, poscinemáticos (ou postectônicos). Pioneiramente, foram feitas datações radiométricas em algumas amostras de granitos do extremo S do Estado de São Paulo, pelos métodos K-Ar (Cordani e Bittencourt, 1967) e Rb-Sr (Cordani e Kawashita, 1971), e de vulcânicas do NE de Santa Catarina (região de Campo Alegre), pelo método K-Ar (Ebert e Brochini, 1971). Ebert (1971) realizou, nesta última região, importante trabalho sobre as coberturas vulcano-sedimentares lá ocorrentes.

4ª fase) - De 1973 a 1983.

Caracterizou-se, esta fase, pelo surgimento de vários trabalhos de síntese sobre a granitogênese brasileira do S e SE do País, em que foram feitas classificações subjetivas com base em critérios diferentes.

Novos mapeamentos geológicos, nas escalas 1:50.000/1:100.000/1:250.000, no extremo S do Estado de São Paulo e E do Paraná, através de diferentes projetos - Sudeste do Estado de São Paulo (1974), SUDELPA (1975), Leste do Paraná (1977) e Integração e Detalhe Geológico no Vale do Ribeira (1981), de interesse final da Superintendência do Desenvolvimento do Litoral Paulista (o segundo) e do Departamento Nacional da Produção Mineral (os restantes), representaram pouco acréscimo aos conhecimentos sobre os maciços graníticos em causa, posto que visaram, em última instância, objetivos aparentemente sem qualquer ligação com esses maciços.

Com relação a manifestações vulcânicas, alguns trabalhos de destaque surgiram nessa fase (Daitx, 1979a, b; Daitx e Carvalho, 1980), contribuindo para melhor conhecimento, principalmente cartográfico, das vulcânicas pertencentes às coberturas vulcano-sedimentares das regiões de Campo Alegre e Corupá (SC).

Estreito relacionamento genético foi admitido, pela primeira vez, não só entre maciços graníticos, diques ácidos, vulcânicas e rochas sedimentares associadas, mas envolvendo, também, determinadas estruturas da região (falhas de gravidade e falhas de cisalhamento), no âmbito de um episódio importante da evolução da crosta da presente área da Serra do Mar e vizinhanças (Kaul et al. 1982 b).

Em dois estudos, foi admitido que os maciços seriam expressão de um plutonismo anorogênico (Kaul et al. 1982a, b).

5ª fase) - De 1984 a 1996.

Mapeamentos faciológicos foram realizados em alguns maciços graníticos (Agudos, Mandira e Guaraú), cobrindo total ou parcialmente a extensão dos mesmos (Fiori, 1984; Oliveira et al. 1987; Oliveira, 1989; Harara, 1996). Extensão apreciável de rochas vulcânicas e subvulcânicas predominantemente ácidas foi revelada em íntima associação com a porção NW do Granito Morro Redondo (Góis, 1995).

Dados químicos e petrográficos acumulados sobre as rochas graníticas componentes dos maciços permitiram a visão de que estas podem ser, essencialmente, de dois tipos: “granitos peralcalinos” (álcali-feldspato granitos em que os máficos principais são anfibólio e/ou piroxênio sódicos) e “granitos meta/peraluminosos” (sienogranitos em que os máficos principais são biotita e/ou hornblenda). Sienitos e quartzo-sienitos, com ou sem máficos sódicos, são muito raros, atendo-se, aparentemente, aos maciços Corupá e Anhangava. Revelou-se freqüente a associação dos dois tipos contrastantes de granitos num mesmo maciço.

A composição química de algumas amostras de alguns maciços e manifestações vulcânicas foi examinada, ineditamente, em termos de padrões de ETR (Oliveira et al., 1987; Oliveira, 1989; Chiodi Filho et al., 1989; Castro, 1993 apud Góis, 1995; Góis, op. cit.; Siga Júnior, 1995).

Cresceu, expressivamente, o acervo de dados radiométricos referentes aos maciços e (menos) às vulcânicas, obtidos não só pelos métodos K-Ar e Rb-Sr, mas também U-Pb e Sm-Nd (Siga Júnior et al., 1994; Kaul e Cordani, 1994; Siga Júnior, 1995). Resultados pelos métodos Rb-Sr e U-Pb (Siga Júnior, op. cit.) e estudos petrográficos e geoquímicos (Góis, 1995), em amostras de granitos e vulcânicas, apontaram no sentido de haver, pelo menos em parte, uma grande proximidade (quicá, mesmo, identidade) temporal e composicional entre manifestações plutônicas e vulcânicas.

Considerando o critério tectônico para a classificação dos maciços graníticos, foi aceito, em determinados trabalhos, que eles sejam anorogênicos (Kaul, 1984, 1987; Issler, 1984; Issler e Freire, 1985; Oliveira et al., 1987; Oliveira, 1989), enquanto que em várias outras contribuições se preferiu considerá-los como postectônicos ou posorogênicos. Com relação, por outro lado, ao ambiente (regime) tectônico em que esses corpos se formaram, houve um consenso, entre todos os autores que se pronunciaram sobre o mesmo, em considerá-lo como “distensional”.

3.2 - Descrições e características composicionais das manifestações magmáticas

3.2.1 - Maciços graníticos

3.2.1.1 - Granito Agudos

3.2.1.1.1 - Aspectos Gerais

O Granito Agudos, figuras 3.1 e 3.2, é o maior dos maciços graníticos da SMA. Sua denominação, creditada a Trein et al. (1969a), lembra a cidade de Agudos do Sul, localizada justo a W do maciço. Tem forma alongada na direção NNE-SSW, segundo a qual mede cerca de 40km, e apresenta largura máxima de mais ou menos 15km. Seu alongamento original, entretanto, antes que falhas NE-SW, de cisalhamento dextrógiro, o seccionassem, parece ter sido segundo NNW-SSE.

Com um relevo relativamente arrasado, o maciço é percorrido por algumas pequenas serras, como as do Piador e do Cabral, na sua região central, e dos Macucos, da Rocinha, do Tronco, Queimada, do Porte e do Palermo na sua região N. Nesses acidentes topográficos, as altitudes mais elevadas se situam em geral entre 1.100 e 1.200 m.

O acesso a todo o maciço é relativamente fácil, exceto a poucas áreas, como por exemplo parte de sua porção central, onde não há, praticamente, vias de penetração, o relevo é mais acidentado e a cobertura vegetal é densa. Tijucas do Sul, cidade localizada junto à borda E do corpo granítico, está a cerca de 60 km a S de Curitiba.

Alvo de explorações para fins ornamentais, o maciço possui várias pedreiras. Nestas, são produzidas, comercialmente, quatro variedades de granitos (MINEROPAR, 1990), conhecidas pelas denominações de “Vinho Mel” (granito cor de rosa), “Paranatuba” (granito bege amarelado a laranja), “Amarelo Castor” (granito bege amarelado) e “Marron Tarumã” (granito cinza claro). As duas primeiras são lavradas na serra do Tronco (N do maciço); a variedade “Amarelo Castor”,

Figura 3.1 - Mapa geológico do *Granito Agudos* e arredores.

Figura 3.2 - Mapa de localização de amostras analisadas. *Granito Agudos*

na localidade de Leão (vertentes do rio da Várzea, zona central do maciço); a variedade “Marron Tarumã”, na localidade de Pedra Branca e a E de Agudos do Sul (pedreiras, também, da zona central do maciço).

Trabalhos anteriores, nesse corpo granítico, foram realizados por Trein et al. (1969a, b), Marini (1970), Marini et al. (1970), Girardi (1974), Girardi et al. (1974), Fiori (1984), Machiavelli (1991), Siga Júnior (1995) e Harara (1996). Admitido, geralmente, como intrusivo, o corpo faz contatos, a S, SE e E com as rochas gnáissico-granulíticas do Cráton de Luís Alves; a W e NE, com os granitóides cálcio-alcálinos deformados (Suíte Intrusiva Rio Piên); a N, com os gnaisses migmatíticos do Cinturão Móvel Ribeira. Tais contatos, comumente cobertos, são bruscos, raramente através de falhas, conforme observações feitas no presente trabalho e registros de estudos anteriores.

Diferentes tipos de granitóides compõem o Granito Agudos, que são reunidos, no presente trabalho, em cinco unidades de mapeamento, assim denominadas:

- Unidade Piador-Cabral
- Unidade Lavras
- Unidade Serra do Tronco
- Unidade Rio Palmito 1
- Unidade Rio Palmito 2

A Unidade Piador-Cabral, que corresponde ao Fácies D de Fiori (1984), restringe-se à região central do maciço. Sua denominação lembra as duas pequenas serras de tal região (serra do Piador e serra do Cabral).

A Unidade Lavras se estende, também, unicamente na região central do maciço granítico, posicionada justo a S da Unidade Piador-Cabral. Seu nome se refere ao lugar dito Lavras, de sua borda S.

A Unidade Serra do Tronco lembra o pequeno acidente geográfico homônimo da porção N do maciço. Em tal serra e arredores há boas e extensas exposições de rochas, como por exemplo as da pedreira Sepamar. Correspondendo ao Fácies E de Fiori (1984), considerado por esse autor como representante do “Granito Agudos propriamente dito”, essa unidade é a mais extensa. Ela cobre cerca de dois terços do maciço, ocorrendo de N a S deste.

As unidades Rio Palmito 1 e Rio Palmito 2 estão limitadas à região S do maciço. Suas denominações lembram o rio homônimo que aí corre. A primeira congrega os fácies que Harara (1996) designou de Ag₄ e Ag₅; a segunda, de extensão muito reduzida, corresponde ao Fácies Ag₂ deste autor.

Encaixados nas unidades Serra do Tronco e Rio Palmito 1, ocorrem, na região S do maciço, alguns corpos básicos, em geral lenticulares, alongados na direção NE-SW. O maior deles mede cerca de 3 km de comprimento por 300-600 m de largura.

As relações de contato entre as diferentes unidades de mapeamento não são, ainda, conhecidas. Os contatos entre os referidos corpos básicos e suas respectivas encaixantes foram, entretanto, registrados por Machiavelli (1991) como sendo através de “zona de transição”, constituída, segundo este autor, “tanto por litotipos básicos, como por rochas ácidas”. Em amostras coletadas nessas zonas, observou aspectos texturais, tais como quartzo manteado por minerais máficos, principalmente anfibólio, tanto na rocha ácida quanto na básica, bem como, de modo restrito, plagioclásios corroídos e manteados por feldspato potássico e anfibólio. Todos esses fatos foram indicativos, para o referido autor, da existência de uma fase de mistura entre dois magmas contemporâneos: um ácido (Granito Agudos); outro básico (corpos básicos).

Na região mais ocidental do maciço, prolongando-se até quase a porção S deste, ocorrem dois grandes diques de diabásio. Paralelos, em grande parte, distanciando-se cerca de 1 km um do outro, convergem a certa altura, para desenhar um grande “Y”, cuja extensão total é de aproximadamente 13 km. Tem direção N20-30W e espessura da ordem de 100 m. Trata-se provavelmente de diques básicos do Mesozóico-Terciário com direção incomum, entretanto, na SPS já que aí estes ocorrem com direção geral N45W, paralelos ao eixo do arco de Ponto Grossa. Em vários mapas geológicos, de diferentes escalas, tais diques em “Y” são omitidos, não obstante sua representatividade. Eles foram identificados, pela primeira vez, por Marini et al. (1970) que, entretanto, os consideraram, equivocadamente, como diques de microgranito.

3.2.1.1.2 - Caracterização Petrográfica

A - Unidade Piador-Cabral

Ocorrendo na região central do Granito Agudos, junto à Unidade Lavras, a Unidade Piador-Cabral é constituída por um hornblenda biotita sienogranito de coloração rosa (foto 1a) ou cinza ligeiramente rosada, de granulação média, eventualmente grossa, equigranular. Localmente, a rocha se mostra cisalhada, com planos de cisalhamento preenchidos por argilo-minerais, provenientes da trituração e alteração dos feldspatos. Sua composição mineralógica compreende quartzo, feldspato potássico, plagioclásio, biotita, hornblenda, minerais de alteração e acessórios. O quartzo, em geral fraturado e com extinção ondulante, constitui cristais formados em duas gerações. O feldspato potássico se mostra bastante pertítico. O plagioclásio (provavelmente oligoclásio), maclado segundo a lei Albita, se mostra ligeiramente argilizado. A biotita e a hornblenda ocorrem em teores muito variados, desde traços até (conjuntamente) cerca de 5%. De acordo com Fiori (1984), a hornblenda aumenta para o interior da unidade, tanto em tamanho quanto em quantidade, chegando a ser relativamente abundante e ter a forma de cristais prismáticos de até 0,8cm de comprimento. Os componentes acessórios, normalmente associados aos máficos, compreendem opacos, titanita e apatita.

B - Unidade Lavras

Esta unidade de mapeamento, que ocorre na região central do Granito Agudos, corresponde, essencialmente, ao conjunto dos fácies que Fiori (1984) denominou de A, B e C. Ela é constituída por granitos de coloração rosa clara, granulação grossa a média, usualmente homogêneos e com estrutura que varia desde isótropa até francamente orientada. Tal orientação está relacionada a cataclase e, possivelmente, em alguns casos, a fluxo magmático, quando a rocha adquire um aspecto gnáissico. A foliação cataclástica tem direção em geral variando entre N40-60E, com mergulhos subverticais.

A composição mineralógica dessas rochas compreende quartzo, feldspato potássico, plagioclásio, biotita, hornblenda e minerais acessórios. O

quartzo ocorre como cristais em geral bem desenvolvidos, anédricos e com frequente extinção ondulante. O feldspato potássico (microclínio) se apresenta como cristais diminutos, euédricos, enquanto o plagioclásio, maclado segundo a lei Albita e, mais raramente, segundo Carlsbad, aparece como cristais formados em duas gerações (cristais mais desenvolvidos, subédricos; cristais menores, também subédricos). A biotita, cujo teor varia grandemente, ocorre como pequenas palhetas, um pouco deformadas, ou forma cristais bastante desenvolvidos, subédricos a euédricos. A hornblenda se apresenta como cristais isolados, esparsos, subédricos, associados ou não à biotita.

Os minerais acessórios, nesses granitos, consistem em titanita, opacos, fluorita e apatita. A titanita se apresenta de tamanhos variados, como grãos euédricos ou subédricos, ligados ou não aos máficos. Os opacos são relativamente frequentes, enquanto fluorita e apatita ocorrem muito escassamente.

As texturas mais comuns apresentadas por essas rochas são a granular hipidiomórfica ou cataclástica. Texturas mirmequítica e gráfica são relativamente frequentes.

C - Unidade Serra do Tronco

Esta unidade componente do Granito Agudos é constituída por biotita sienogranitos e hornblenda biotita monzogranitos.

C.1 - Biotita sienogranitos

Principais componentes do Granito Agudos, essas rochas se apresentam, em seus afloramentos, em geral maciças, homogêneas, leucocráticas, equi a inequi-granulares, raramente porfiríticas, com colorações cinza clara, cinza rosada e rosa clara (foto 1b), além de outras colorações menos comuns, como aquelas referidas anteriormente, de granitos (pedreiras) explorados comercialmente. Tem granulação usualmente média, granulações grossa e fina tendo sido constatadas em alguns locais, respectivamente, da região central e do bordo NW da unidade. Na grande pedreira Sepamar (centro-norte do maciço, correspondente ao ponto PK-060), registrou-se, por vezes, em faces planas de matações cortados, curiosas variações graduais da granulação, que lembram verdadeiro “acamadamento gradacional”. Outras

vezes, pôde-se claramente constatar, também, em tais faces de matações, uma certa alternância de bandas de larguras centimétricas a decimétricas de granulação média a fina, com outras, de mesmo tamanho, de granulação grossa.

Macroscopicamente, a composição mineralógica dessas rochas compreende: feldspato róseo (potássico), quartzo, feldspato cinza branquicento (plagioclásio) e minerais máficos (notadamente, biotita).

Em alguns afloramentos desses granitos, como naqueles dos pontos PK-060 (pedreira acima referida) e PK-061, registrou-se a presença de autólitos isolados ou formando agrupamentos no seio da massa granítica. São geralmente ovais, centimétricos ou, mesmo, decimétricos, mantendo contato brusco com suas encaixantes. Essencialmente quartzo-feldspáticos, de granulação fina, são ricos em biotita e possuem eventuais megacristais esparsos, rosados, de feldspato potássico. A NW de Tijucas do Sul (porção N do maciço) os granitos exibem xenólitos de serpentinitos, centimétricos a métricos, com formas tabulares e contatos irregulares. Tais xenólitos haviam sido constatados, inicialmente, por Siga Júnior (1995). Machiavelli (1991), na porção S dessa unidade (S do maciço) descreveu xenólitos de gnaisses granulíticos, tendo Harara (1996), também nessa região, constatado enclaves de serpentinitos, talco-xistos e gnaisses máficos.

Microscopicamente, tais biotita sienogranitos são constituídas por feldspato alcalino, quartzo, plagioclásio e minerais máficos, além de acessórios. Trata-se de rochas com textura em geral granular hipidiomórfica, localmente granofírica.

O feldspato potássico ocorre sob a forma de cristais geralmente subédricos, correspondentes a megacristais ou a cristais menores associados aos outros componentes. Comumente bastante pertíticos, apresentam geminação em grade. Estão vez que outra ligeiramente argilizados e contêm inclusões de quartzo, plagioclásio e acessórios diversos.

O quartzo se apresenta como cristais anédricos, raramente subédricos, sendo inequigranulares, com tamanhos que podem alcançar poucos milímetros. Vez que outra, se encontra intimamente associado ao feldspato potássico, ambos de granulação muito fina, formando intercrescimentos granofíricos localizados. Em sua maior parte, é intersticial, representando a última fase mineral a cristalizar;

subsidiariamente é precoce (quartzo subédrico) ou contemporâneo de feldspato potássico (quartzo anédrico dos intercrescimentos granofíricos).

O plagioclásio ocorre sob a forma de cristais subédricos, milimétricos ou de tamanho inferior ao milímetro, maclados segundo a lei Albite, raramente segundo Albite-Carlsbad, seguidamente zonados e apenas um pouco saussuritizados (sobretudo em seus núcleos). Em geral, está englobado por feldspato potássico, sendo, portanto, neste caso, anterior a este mineral. Algumas vezes, parece representar uma geração mais jovem de cristais, posterior ao feldspato potássico. Sua composição varia, provavelmente, entre a de oligoclásio sódico e oligoclásio cálcico.

Os minerais máficos estão representados por biotita, clorita e, muito raramente, anfibólio e epídoto.

A biotita constitui cristais subédricos lamelares, intersticiais, em geral dispersos pela rocha, em quantidade muito variada, normalmente inferior a 10%. Trata-se de biotita castanha, muito raramente registrando-se presença de biotita verde. Seu grau de cloritização geralmente é incipiente. Inclui minerais acessórios diversos.

A clorita provém inteiramente da alteração da biotita. O anfibólio (hornblenda) é extremamente raro, apresentando-se sob a forma de cristais mais ou menos alterados.

Os minerais acessórios compreendem: zircão (o mais frequente), apatita, fluorita, minerais opacos, allanita e titanita, associados geralmente aos máficos.

Os inícios das cristalizações principais ocorreram, provavelmente, na sequência: plagioclásio → feldspato potássico → biotita (hornblenda) → quartzo.

C.2 - Hornblenda biotita monzogranitos

Essas rochas ocorrem na região do Chibunva (pedreira do mesmo nome, correspondente ao ponto PK-074 e arredores), próximo à região central do maciço, a cerca de 8 km a W de Tijucas do Sul. Maciças, homogêneas, equigranulares e leucocráticas, apresentam granulação normalmente grossa e coloração rosa clara (foto 1c). Incluem, raríssimas vezes, autólitos de coloração cinza escura, mais ou menos angulosos, semelhantes àqueles relatados no item anterior, associados aos biotita sienogranitos (pedreira do ponto PK-060). Ao microscópio, essas rochas se

apresentam constituídas por feldspato potássico, quartzo, plagioclásio, anfibólio, biotita e acessórios diversos. O feldspato potássico se apresenta como cristais subédricos, geralmente pertíticos, com geminação em grade e ligeiramente argilizados. O quartzo geralmente é anédrico, inequigranular, intersticial. O plagioclásio se mostra seguidamente zonado, com saussuritização (em grau incipiente) no núcleo dos cristais. O anfibólio é do tipo cálcico (hornblenda), moderadamente pleocróico, com cores do verde ao amarelo claro acastanhado. Ocorre disseminado na rocha. A biotita, também esparsa na rocha, aparece como palhetas de coloração castanha. Os minerais acessórios, em geral associados aos máficos, compreendem: allanita, titanita, zircão, apatita e fluorita.

D - Unidade Rio Palmito 1

Esta unidade é composta por biotita sieno a monzogranitos e biotita granodioritos de granulação fina. Em seus afloramentos, essas rochas se apresentam maciças, isótropas, equigranulares, de coloração cinza (foto 1d), raramente cinza rosado, e de granulação fina. São constituídas por uma massa quartzo-feldspática fina, plena de pontuações submilimétricas pretas, provavelmente de biotita. Vez que outra, se mostram portadoras de autólitos ovais, de coloração cinza escura e eventuais pequenas manchas claras, correspondentes a feldspato potássico. Tais autólitos são muito semelhantes aos contidos nos granitos da Unidade Serra do Tronco, referidos nos itens C.1 e C.2.

Ao microscópio, esses granitos e granodioritos apresentam a seguinte composição mineralógica: plagioclásio, feldspato potássico, quartzo, biotita, anfibólio, clorita, epídoto e minerais acessórios diversos.

O plagioclásio se apresenta sob a forma de cristais euédricos a subédricos, seguidamente zonados (sendo os núcleos, desses cristais, mais cálcicos) e, não raro, maclados segundo a lei Albita, estando ligeiramente saussuritizados. Sua cristalização antecedeu às do feldspato potássico e do quartzo. O feldspato potássico ocorre como cristais subédricos, intersticiais, com macla em grade, sendo relativamente límpidos e mantendo contatos irregulares com os cristais de quartzo. Sua cristalização, bem como a deste mineral, é tardia. O quartzo, em cristais anédricos, inequigranulares, muito finos e límpidos, raramente apresenta extinção ondulante. A

biotita, sob a forma de palhetas muito finas, disseminadas, está parcialmente cloritizada. Associados a essas palhetas, encontram-se raríssimos cristais subédricos de anfibólio (hornblenda). O epídoto, mineral também muito raro nessas rochas, se apresenta como cristais anédricos, intersticiais, tardios. Os minerais acessórios compreendem; titanita, apatita, zircão e, muito raramente, allanita e fluorita.

E - Unidade Rio Palmito 2

Constituída por biotita monzogranitos e biotita granodioritos, essa unidade, que ocorre no S do maciço, em área muito restrita (de aproximadamente $1,5\text{km}^2$), corresponde ao Fácies Ag₂ de Harara (1996). Tais granitos e granodioritos são maciços, isótropos, de granulação que varia de média a grossa, de coloração cinza avermelhada constituídos, a olho nu, por feldspato branco (plagioclásio) e rosado (feldspato potássico), quartzo e palhetas pretas de biotita.

Ao microscópio, essas rochas mostram: cristais subédricos e anédricos de plagioclásio e de feldspato alcalino, estes maiores do que aqueles e em geral ligeiramente sericitizados; quartzo em cristais anédricos e inequigranulares, intersticiais; biotita, como palhetas disseminadas na rocha, umas finas, outras mais desenvolvidas, ambas um pouco alteradas a clorita; anfibólio (hornblenda), sob a forma de raríssimos cristais prismáticos comumente associados à biotita; minerais acessórios (zircão, apatita, titanita e opacos). Harara (1996) registrou a ocorrência, nessas rochas, de quartzo manteado por biotita e anfibólio, bem como de concentrados máficos (formados também por biotita e anfibólio) que poderiam estar relacionados, conforme já admitido anteriormente por Machiavelli (1991), a processo de mistura de um magma ácido com um magma básico.

F - Corpos Gabro-Dioríticos Associados

As rochas componentes desses corpos são de coloração cinza ou cinza esverdeada, em geral de tonalidades escuras, isótropas, comumente maciças, de granulação em geral fina a média, mesocráticas, constituídas, a olho nu, por feldspato branco acinzentado (plagioclásio), piroxênios e anfibólios. Machiavelli (1991) registrou, em afloramentos dessas rochas, concentrações de minerais máfi-

cos (piroxênios e anfibólios com granulação grossa) que sugeriam, na gênese daquelas, a atuação de processos de acumulação de cristais.

Ao microscópio, essas rochas apresentam composição gabróica, sendo constituídas por plagioclásio, piroxênio, anfibólios, biotita, clorita, serpentina e acessórios (apatita, zircão e titanita). O plagioclásio (andesina) se apresenta em geral como cristais subédricos, zonados, inequigranulares, com bordas corroídas, saussuritizados (em pequeno grau) principalmente em seus núcleos. Os piroxênios são dos tipos clino e ortopiroxênios, predominando os primeiros. Apresentam-se como cristais anédricos, equigranulares, um pouco alterados para biotita ou tremolita-actinolita ou, ainda, serpentina.

3.2.1.1.3 - Geoquímica

Foram realizadas análises químicas de 14 amostras do Granito Agudos, figura 3.2, tendo-se determinado elementos maiores, menores e ETR (apêndice 1): 2 amostras da Unidade Palmito 1, 9 da Unidade Serra Tronco (1 sendo repetida) e 3 da Unidade Piador-Cabral. Foi analisada, também, 1 amostra de um dos corpos gabro-dioríticos associados, com determinação dos mesmos elementos químicos.

As características geoquímicas principais das 3 referidas unidades graníticas podem ser assim resumidas:

	Unidade Palmito 1	Unidade Serra do Tronco	Unidade Piador-Cabral
SiO ₂	71,51 a 73,67%	73,87 a 76,49%	72,09 a 74,24
Na ₂ O+K ₂ O	8,05 a 8,64%	8,42 a 9,22%	8,99 a 9,74%
K ₂ O/Na ₂ O	1,20 a 1,39	1,00 a 1,45	0,67 a 1,18
IA	0,58 a 0,63	0,67 a 0,95	0,86 a 0,91
A/CNK	1,00	0,97 a 1,01	1,01
F/FM	0,69 a 0,72	0,79 a 1,00	0,73 a 0,91

Os índices correspondentes a quocientes que envolvem os álcalis revelam: o caráter predominantemente metaluminoso das três unidades, sendo a Unida-

de Serra do Tronco e a Unidade Palmito 1 mais potássicas do que sódicas, ao passo que a Unidade Piador-Cabral é marcadamente mais sódica do que potássica (vide diagrama $K_2O \times Na_2O$, figura 3.4). Quanto à soma do álcalis, a mesma se mantém praticamente constante, em cada unidade, com o aumento em sílica (vide apêndice 1). Os valores de F/FM indicam, por sua vez, o menor e o maior enriquecimento em ferro, em relação a magnésio, respectivamente, das unidades Palmito 1 e Serra do Tronco.

Nos diagramas que contrapõem óxidos a sílica, figura 3.3, e elementos menores a sílica, figura 3.6, observa-se, inicialmente, que as amostras referentes às unidades Palmito 1 e Serra do Tronco formam um único alinhamento, que contrasta com o outro formado pelas 3 amostras da Unidade Piador-Cabral.

Com o aumento em sílica, Na_2O se mantém em mesmo nível na Unidade Palmito 1, elevando-se nas unidades Serra do Tronco e Piador-Cabral. K_2O se eleva na Unidade Palmito 1, declinando nas duas outras unidades.

Os teores de Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , MgO e TiO_2 se correlacionam negativamente com a sílica nas unidades Palmito 1 e Serra do Tronco, ao passo que, na Unidade Piador-Cabral, Al_2O_3 e CaO aumentam e Fe_2O_3 , MgO e TiO_2 decrescem com a elevação de SiO_2 . Esta última unidade detém, por outro lado, os mais elevados valores de Na_2O e Al_2O_3 .

No diagrama $TiO_2 \times Al_2O_3$, figura 3.4, o alinhamento positivo formado pelas unidades Palmito 1 e Serra do Tronco separa-se bastante bem do alinhamento negativo referente à Unidade Piador-Cabral.

O diagrama $Rb \times K_2O$, figura 3.5, mostra para as unidades Palmito 1 e Piador-Cabral correlações positivas, seguindo o “trend” principal de Shaw (1968), enquanto que os pontos da Unidade Serra do Tronco seguem o “trend” pegmatítico hidrotermal definido por este mesmo autor.

O diagrama $CaO \times Sr$, figura 3.5, mostra excelentes correlações: alinhamento retilíneo das amostras das unidades Palmito 1 e Serra do Tronco, com correlação positiva entre as duas variáveis, sugerindo cristalização fracionada de plagioclásio na evolução deste “trend”; alinhamento em arco das amostras da Unidade Piador-Cabral, que se posicionam bastante afastadas daquelas primeiras, em razão de seus elevados teores em Sr.

Ainda na figura 3.5, o diagrama triangular $\text{Na}_2\text{O} \times \text{K}_2\text{O} \times \text{CaO}$ mostra que a evolução magmática referente ao “trend” Palmito 1 - Serra do Cabral foi por cristalização fracionada possivelmente não só de plagioclásio, mas também de feldspato potássico, este progressivamente mais atuante rumo ao final da evolução.

Os diagramas elementos menores x sílica, figura 3.6, evidenciam o caráter incompatível ou compatível de tais elementos na evolução dos 2 “trends”. Mostram, também, que as unidades Palmito 1 e Serra do Tronco são, comparativamente à Unidade Piador-Cabral, mais ricas em Rb e mais pobres em Sr e Ba.

Nos dois diagramas da figura 3.7, estão relacionados elementos incompatíveis na evolução do “trend” referente às unidades Palmito 1 e Serra do Tronco: Nb x Y e Yb x Y. (O comportamento incompatível do Yb está evidenciado adiante, nas figuras 3.11 e 3.12). Em ambos diagramas, a correlação entre as amostras corresponde a uma reta que passa pela origem, o que conta a favor da cristalização fracionada (Treuil e Varet, 1973), atrás referida, como processo petrogenético atuante na evolução do “trend” em pauta.

As correlações lineares dos diagramas Ba x Sr, Ba x Y e Sr x Nb, figura 3.8, confirmam, mais uma vez, a atuação da cristalização fracionada na diferenciação magmática que envolve as unidades Palmito 1 e Serra do Tronco. O diagrama Ba x Y sugere, adicionalmente, ao mostrar que os teores do elemento compatível (Ba) variam pouco na Unidade Piador-Cabral (~ 1400-1700 ppm), que o processo atuante na diferenciação magmática dessa unidade, coerentemente ao estabelecido por Hanson (1978), foi fusão parcial.

O diagrama Rb x Ba x Sr, figura 3.9, mostra que as unidades Palmito 1 e Serra do Tronco seguem o “trend” de diferenciação de El Bouseily e El Sokkary (1975), enquanto que os diagramas Rb x (Y+Nb) e Nb x Y, de Pearce et al. (1984), figura 3.10, evidenciam o caráter intraplaca do Granito Agudos.

Análises de ETR foram realizadas em 7 amostras do Granito Agudos: 2 da Unidade Palmito 1 e 5 da Unidade Serra do Tronco. Os diagramas representativos desses elementos, normalizados aos condritos, estão sequenciados na figura 3.11, em ordem crescente dos teores em sílica das amostras, representando sucessivos passos do processo de diferenciação magmática por cristalização fracionada do “trend” das unidades Palmito 1 e Serra do Tronco: o primeiro diagrama representa

o líquido mais primitivo (amostra PK-038, com 71,51% SiO₂) e o último o mais evoluído (amostra PK-031, com 76,49% SiO₂). Os fracionamentos dos ETR e as anomalias negativas de Eu, nessa seqüência de espectros, podem ser avaliados pelos valores dos índices listados a seguir.

Unidade	Amostra	Ce _N /Yb _N	Ce _N /Sm _N	Gd _N /Yb _N	Eu/Eu*	SiO ₂ (%)
Palmito 1	PK-038	16,41	4,33	1,75	0,52	71,51
	PK-037	11,58	4,51	1,30	0,39	73,67
Serra do Tronco	PK-074	15,75	4,58	1,79	0,26	73,87
	PK-055	9,51	4,37	1,16	0,18	74,48
	PK-061	7,97	4,34	0,97	0,20	75,40
	PK-032	3,69	2,53	0,90	0,13	75,14
	PK-031	2,54	1,94	0,66	0,05	76,49

O fracionamento do conjunto dos ETR, elevado na primeira amostra (Ce_N/Yb_N= 16,41), cai de um modo geral com o aumento em sílica, podendo ser considerado muito pequeno na última amostra (Ce_N/Yb_N= 2,54).

O fracionamento dos ETRL se mantém alto (Ce_N/Sm_N ≅ 4,50) durante quase toda a diferenciação, diminuindo fortemente ao final do processo (Ce_N/Sm_N ≅ 2,50, quando SiO₂ = 75,14%; Ce_N/Sm_N ≅ 2,00, quando SiO₂ = 76,49%). Eles se elevam, nos líquidos, até a amostra PK-074, comportando-se, a seguir, como elementos compatíveis.

O fracionamento dos ETRP, por sua vez, se mantém pequeno (Gd_N/Yb_N entre 1,80 e 1,00 aproximadamente), caindo para quase 0,50 no final da diferenciação. Esses elementos se comportam como incompatíveis, do princípio ao fim dessa evolução magmática.

Quanto à anomalia negativa de Eu, esta aumenta progressivamente da amostra PK-038 à PK-031, o que está representado pela diminuição de Eu/Eu* (de 0,52 até 0,05).

Em síntese, tal transformação de espectros, partindo de um tipo em que os ETR, no seu conjunto, estão fortemente fracionados, com pequena anomalia negativa de Európio, chega, ao final, como se vê, a um espectro quase plano, semelhante ao tipo “gaivota”, com forte anomalia negativa de referido elemento.

As fases minerais principais, responsáveis pela evolução por cristalização fracionada, foram os feldspatos (inicialmente, com predomínio do plagioclásio sobre o feldspato potássico), cujo fracionamento levou, progressivamente, à diminuição do Eu e ao aumento de todos os outros ETR nos líquidos residuais. Ao final do processo, interveio allanita, provavelmente, baixando drasticamente nestes líquidos os teores em ETRL.

A figura 3.12 mostra, num único diagrama, os 7 espectros representados separadamente na figura 3.11.

Figura 3.3 - Diagramas óxidos x sílica (% em peso). *Granito Agudos*. Unidade Piador-Cabral (hornblenda biotita sienogranito), triângulo azul; Unidade Serra do Tronco (biotita sieno e monzogranitos e hornblenda biotita monzogranito), esfera vermelha; Unidade Palmito 1 (biotita monzogranito fino), quadrado verde.

Figura 3.3 (continuação) - Diagramas óxidos x sílica (% em peso).
Granito Agudos

Figura 3.4 - Diagramas TiO_2 x Al_2O_3 , K_2O x Na_2O e A/CNK x SiO_2 (óxidos em % em peso). *Granito Agudos*. (Mesma legenda da figura 3.3).

Figura 3.5 - Diagramas Rb x K₂O, CaO x Sr e Na₂O x K₂O x CaO (óxidos em % em peso; Rb e Sr em ppm). *Granito Agudos*. (Mesma legenda da figura 3.3).

Figura 3.6 - Diagramas elementos menores (ppm) x sílica (% em peso).
Granito Agudos. (Mesma legenda da figura 3.3).

Figura 3.7 - Diagramas Nb x Y e Yb x Y (em ppm). *Granito Agudos*.
(Mesma legenda da figura 3.3).

Figura 3.8 - Diagramas Ba x Sr, Ba x Y e Sr x Nb (em ppm)). *Granito Agudos*. (Mesma legenda da figura 3.3).

Figura 3.9 - Diagrama Rb x Ba x Sr (em ppm). *Granito Agudos*. (Mesma legenda da figura 3.3).

Figura 3.10 - Diagramas Rb x (Y+Nb) e Nb x Y, de Pearce et al., (1984) (elementos em ppm). *Granito Agudos*. (Mesma legenda da figura 3.3).

Figura 3.11 - Diagramas de ETR normalizados aos condritos. Amostras PK-038, PK-037, PK-055 e PK-074. *Granito Agudos*. (Mesma legenda da figura 3.3).

Figura 3.11 (continuação) - Diagramas de ETR normalizados aos condritos. Amostras PK-061, PK-032 e PK-031. *Granito Agudos*.

Figura 3.12 - Diagrama de ETR normalizados aos condritos. Todas amostras da figura 3.11. *Granito Agudos*. (Mesma legenda da figura 3.3)

GRANITO AGUDOS

Prancha Fotográfica 1

Foto 1a - Hornblenda biotita sienogranito rosa, maciço, equigranular, de granulação fina. Unidade Piador-Cabral. Amostra PK-076, nº de ordem 3. Procedência: encosta de morro, 6 km a WSW de Tijucas do Sul, PR

Foto 1b - Biotita sienogranito de coloração rosa clara, maciço, equigranular, de granulação média. Unidade Serra do Tronco. Amostra PK-054, nº de ordem 58. Procedência: pedreira B. T. Almeida, 8 km a NW de Tijucas do Sul, PR.

Foto 1c - Hornblenda biotita monzogranito de coloração rosa clara, homogêneo, equigranular, de granulação grossa. Unidade Serra do Tronco. Amostra PK-074, nº de ordem 63. Procedência: pedreira Chibunva, 10 km a W de Tijucas do Sul, PR.

Foto 1d - Biotita monzogranito cinza, maciço, equigranular, de granulação fina. Unidade Palmito 1. Amostra PK-037, nº de ordem 56. Procedência: pedreira da INCEPA, proximidades de Tarumã, ± 30 km a SW de Tijucas do Sul, PR.

b

c

b

a

3.2.1.2 - Granito Morro Redondo

3.2.1.2.1- Aspectos Gerais

O Granito Morro Redondo, figuras 3.13 e 3.14, é um dos grandes maciços graníticos da SMA. Trein (1967) foi quem primeiro empregou o termo Morro Redondo para identificar esse corpo ígneo, chamando-o, precisamente, de “granito do Morro Redondo”, expressão que evoluiu para “Granito Morro Redondo” (Trein et al., 1969a), utilizada até os dias que correm.

O maciço se estende na região de fronteira do Estado do Paraná com o Estado de Santa Catarina. Sua extremidade S está a cerca de 15 km a NW da cidade de Joinville (SC). Alongado na direção N20W, segundo a qual mede, aproximadamente, 25 km, tem largura que varia de 10 a 13 km. Ao contrário dos outros dois grandes maciços graníticos da SMA (Agudos e Graciosa), cujas formas originais foram bastante modificadas por falhamentos transcorrentes de deslocamento dextrógiro, o Granito Morro Redondo parece ter sido relativamente preservado pelas transformações tectônicas que afetaram a SMA após seu surgimento, conservando, praticamente, sua forma original aproximadamente retangular.

O relevo desse maciço se caracteriza por domínios montanhosos, cujas maiores altitudes se aproximam dos 1.500 m, intercalados com restos de planaltos bastante dissecados. Em tais domínios, estão individualizadas algumas serras, entre as quais cita-se as da Papanduva e do Araçatuba (na região N), da Imbira (na região central) e do Quiriri (na região S do maciço).

O acesso à borda E e a parte da borda N do Granito Morro Redondo é feito a partir da estrada federal BR-101, que passa bem próxima do mesmo. Poucas vias de penetração, entretanto, partem dessa estrada rumo ao corpo ígneo. A borda S pode ser atingida partindo-se de Vila Rio Branco, enquanto que a borda W pode, partindo-se da cidade de Tijucas do Sul, ser alcançada através da estrada que passa na localidade de Ambrósios. No interior do maciço só há, praticamente, uma estrada: partindo da localidade de Postinho, a W, fora do corpo intrusivo, chega à fazenda Quiriri, no centro-S do mesmo. Outras regiões internas do maciço só podem ser acessadas, praticamente, através de caminhos e trilhas.

Figura 3.13 - Mapa geológico do Granito Morro Redondo e arredores

Figura 3.14 - Mapa de localização de amostras analisadas. *Granito Morro Redondo*

O maciço tem sido explorado para fins comerciais em duas regiões: nas suas bordas NE (Paraná) e SE (Santa Catarina). Na borda NE, é extraído no sopé da Serra Grande, localidade denominada Pirizal, município de Guaratuba (PR), próximo ao rio São João e à rodovia BR-101. Comercialmente, a pedra ornamental aí produzida denomina-se granito do tipo “Cerro Azul”, cujas chapas polidas possuem, de acordo com MINEROPAR (1990), padrões homogêneos de textura e cor, ocasionalmente com concentrações de minerais máficos ou de quartzo, assim como finos veios quartzosos difusos. Trata-se de riebeckita aegirina álcali-feldspato granito de coloração azul pálida, granulação média, estrutura maciça, pouco fraturado e com grau médio de alteração intempérica. Segundo, ainda, MINEROPAR (op.cit.), as reservas dessa pedra ornamental (matacões), nesta região, são superiores a 15.000 m³. Na borda SE do maciço, no município de Garuva (SC), há algumas pequenas pedreiras, próximas da estrada BR-101, onde são produzidos somente paralelepípedos. A rocha, em tais locais, corresponde a um biotita sienogranito de coloração rosa clara, granulação média e estrutura maciça.

Trabalhos anteriores referentes a esse corpo granítico foram realizados por Trein (1967; 1969a, b), Muratori et al. (1969b), Góis e Machado (1992, 1995), Machado et al. (1993) e Góis (1995).

O maciço se encontra encaixado em rochas gnáissico-granulíticas do Domínio Luís Alves, nas quais é intrusivo e discordante. Acha-se associado, a E, com o Lineamento Garuva (também conhecido como Lineamento Palmital), importante zona de cisalhamento rúptil-dúctil, de direção N15-25W, que separa as referidas rochas de outras, componentes do Domínio Paranaguá. A NW e W, confronta com rochas vulcânicas predominantemente ácidas, que aparecem também recobrimdo algumas áreas de sua porção N.

O maciço é constituído por granitos e álcali-feldspato granitos que são reunidos, no presente estudo, em duas unidades, assim designadas:

- Unidade Papanduva
- Unidade Quiriri

A Unidade Papanduva corresponde à porção N do corpo intrusivo. Seu nome foi tomado da serra homônima localizada na borda NW de tal porção do maciço, onde há várias exposições de rochas componentes da unidade.

A Unidade Quiriri corresponde às porções central e S do maciço. Sua designação se refere à serra e ao rio de mesmo nome, localizados no S-SW do corpo granítico.

Os derrames vulcânicos de composição predominantemente ácida (riolitos) da porção N do maciço se estendem até alguns quilômetros para W, cobrindo os terrenos gnáissico-granulíticos do Domínio Luís Alves. De acordo com investigações recentes, tais derrames mantém, com as manifestações plutônicas da Unidade Papanduva, conforme se verá, adiante, praticamente uma mesma identidade petrográfica e química, que aponta no sentido de uma vinculação genética estreita entre granitos e rochas vulcânicas (Góis, 1995).

3.2.1.2.2 - Caracterização petrográfica

A - Unidade Papanduva

Esta unidade, que corresponde à porção N do Granito Morro Redondo, engloba os fácies que Góis (1995) denominou de “Cinza”, “Branco” e “Azulado”. Consiste de riebeckita $\pm$ aegirina álcali-feldspato granitos (foto 2a) com características diversificadas quanto a cor, granulação, estrutura e textura. A cor predominante é o cinza claro ligeiramente azulado; outras cores são o branco e o azul pálido. A granulação geralmente é média; raramente, grossa ou fina. A estrutura predominante é a de tipo maciço, só localmente constatando-se estruturas orientadas (foliadas) relacionadas a zonas de cisalhamento, como por exemplo na região de Pirizal.

Macroscopicamente, esses granitos revelam uma composição mineralógica caracterizada por uma massa branca acinzentada de feldspato alcalino, no interior da qual se distinguem grãos esparsos de quartzo e de máficos (anfíbólios e/ou piroxênio).

Ao microscópio, revelam a seguinte composição: mesopertita, quartzo, plagioclásio, anfibólio e piroxênio sódicos, minerais de alteração e acessórios diversos.

A mesopertita se apresenta sob a forma de cristais subédricos, inequigranulares, por vezes total ou parcialmente circundados por fina franja albítica, límpida, tardia.

O quartzo ocorre como cristais igualmente subédricos, diminutos, inclusos na mesopertita, e como cristais maiores, anédricos, intersticiais, de cristalização tardia. Em amostras de granitos cataclásticos, seu tamanho é bastante variado, podendo ser granoblástico ou, mesmo, microgranoblástico.

O anfibólio sódico (riebeckita) se apresenta como cristais em geral muito fragmentados, por vezes aciculares, fortemente pleocróicos (coloração variando de azul intenso a azul escuro, quase preto), seguidamente poiquilíticos, com inclusões de quartzo, minerais opacos e outros acessórios. É intersticial, tardio.

O piroxênio, aparentemente de cristalização também tardia, é de dois tipos: aegirina — cristais em geral bastante fragmentados, com pleocroísmo de amarelo esverdeado claro a verde forte; aegirina-augita — cristais com pleocroísmo semelhante ao da aegirina, porém menos intenso, apresentando-se zonados (foto 2b).

Os minerais acessórios em geral estão associados à riebeckita. Compreendem: allanita, zircão, fluorita, apatita e titanita.

B - Unidade Quiriri

Esta unidade, que corresponde às porções central e S do Granito Morro Redondo, é composta por biotita sienogranitos (foto 2c) de coloração cinza rósea ou rosa clara, de granulação média ou fina, maciços, vez que outra com estrutura orientada devido a cataclase. Eventualmente, tais rochas se apresentam como sienogranitos pórfiros (sienogranitos subvulcânicos), caracterizados por matriz fina cinza escura e megacristais de feldspato potássico róseo e de quartzo límpido.

Os sienogranitos de granulação média ou fina, que predominam amplamente na unidade, apresentam-se, ao microscópio, constituídos por feldspato potássico pertítico, quartzo, plagioclásio, biotita, minerais de alteração e acessórios (foto 2d).

O feldspato potássico ocorre como cristais em geral bastante desenvolvidos, subédricos, muito pouco argilizados, predominantes sobre os de plagioclá-

sio. O quartzo se apresenta como cristais anédricos, bem desenvolvidos, predominantemente intersticiais, tardios. O plagioclásio (oligoclásio sódico) ocorre como cristais prismáticos, inequigranulares, levemente zonados e ligeiramente saussuritizados. Comumente está envolvido pelo feldspato potássico. A biotita (em geral, inferior a 3%) se apresenta sob a forma de cristais disseminados, de coloração castanha, geralmente incluídos no feldspato potássico. Está comumente um pouco cloritizada e contém algum epidoto. Os minerais acessórios compreendem allanita zonada, minerais opacos, zircão, titanita e fluorita, todos em geral associados à biotita e a seus produtos de alteração.

C - Rochas Vulcânicas Associadas

Os derrames vulcânicos associados ao Granito Morro Redondo correspondem a rochas vulcânicas ácidas, intermediárias e básicas.

C.1 - Rochas Vulcânicas Ácidas

Essas rochas predominam grandemente, tanto em volume quanto em área, entre as vulcânicas associadas ao Granito Morro Redondo. Trata-se de riolitos, com feições estruturais e texturais diversificadas, que podem ser classificados em riolitos maciços, afaníticos (ou vítreos), que gradam para faneríticos finos; riolitos pórfiros, com megacristais principalmente de quartzo e feldspato potássico e matriz vítrea ou fanerítica muito fina; riolitos com nítida estrutura de fluxo (textura fluidal) (Góis, 1995).

Os riolitos não vítreos revelam, ao microscópio, composição mineralógica formada, essencialmente, por feldspato alcalino, quartzo, riebeckita e aegirina. Subsidiariamente, contém plagioclásio e minerais de alteração, além de acessórios. Seus megacristais correspondem, na sua quase totalidade, a quartzo e feldspato potássico. Os de quartzo são euédricos a anédricos, destacando-se, entre tais cristais, aqueles de forma bipiramidal. Os megacristais de feldspato potássico são euédricos a subédricos, prismáticos ou de forma mais ou menos arredondada, seguidamente exibindo intercrescimento granofírico, mirmequítico e micrográfico. Por vezes zonados e com bordas de reação, estão alterados em geral para sericita, incluindo cristais de plagioclásio, quartzo e minerais máficos.

A matriz dessas vulcânicas é micro a criptocristalina, essencialmente formada por quartzo e feldspato potássico, cujos crescimentos resultam em texturas dos tipos micrográfica, granofírica, mirmequítica e simplectítica.

Riebeckita e aegirina participam dessa matriz como cristais euédricos a subédricos, dispersos ou formando aglomerados, com hábitos prismáticos lamelar e acicular. Intensamente pleocróica (com coloração de azul claro a azul forte, índigo), a riebeckita predomina nessa associação de máficos. Outros componentes dessa matriz são: cristais de plagioclásio (albita), magnetita e zircão.

C.2 - Rochas Vulcânicas Intermediárias

Conhecidas em raros afloramentos, consistem em andesitos e andesito-basaltos, de coloração preta algo esverdeada, maciços, em geral afaníticos ou muito finos, equi a inequigranulares. Ao microscópio, apresentam-se constituídas por plagioclásio (40-50%), piroxênio (10-40%), biotita e clorita (10-20%), opacos (5-10%), além de quartzo e feldspato potássico (que somam $\pm 5\%$).

O plagioclásio ocorre como cristais euédricos a subédricos, sob forma de prismas curtos ou longos, por vezes bem desenvolvidos (megacristais), geminados segundo as leis Albita e Carlsbad, com inclusões de quartzo e máficos. Sua composição é de oligoclásio-andesina, podendo chegar à de labradorita. Vez que outra com um zoneamento incipiente, apresentam-se em estágio variado de saussuritização.

O piroxênio (augita) se apresenta como cristais subédricos a anédricos, com baixa birrefringência, pleocroísmo castanho claro a amarelo pálido e relevo alto.

A biotita e seu produto de alteração, clorita, ocorrem associados, sob a forma de diminutas lamelas ou fibras. Predomina, grandemente, esta última sobre aquela.

Os minerais opacos são, provavelmente, magnetita-ilmenita. Alguns estão associados aos máficos, dos quais são produtos de alteração; outros correspondem, possivelmente, a minerais primários.

O quartzo e o feldspato potássico são muito raros. Este último pode-se apresentar (inclusive) sob a forma de megacristais. Os acessórios mais frequentes são apatita e zircão.

As texturas mais comuns, nessas rochas, são as dos tipos intersetal, intergranular, ofítica e porfirítica.

C.3 - Rochas Vulcânicas Básicas

Trata-se de basaltos, sob a forma possivelmente de delgados derrames, de espessura centimétrica, ou até métrica, intercalados com derrames riolíticos. São vulcânicas de coloração cinza escura a preta, por vezes verde escura, maciças, afaníticas a faneríticas de granulação fina, raramente com textura porfirítica.

Ao microscópio, se apresentam constituídas essencialmente por plagioclásio (50-60%), piroxênio (20-35%), clorita (10-20%) e minerais opacos (3-10%).

O plagioclásio ocorre como componente da matriz ou sob a forma de megacristais. Com composição variando possivelmente entre andesina e labradorita, forma cristais euédricos a subédricos, primáticos e/ou quadráticos, geminados segundo as leis Albita e Carlsbad, raramente segundo Periclina. Encontra-se em diferentes estágios de saussuritização.

O piroxênio aparece como cristais prismáticos, euédricos a subédricos, correspondente, provavelmente, a augita, com frequente alteração para clorita. Esta ocorre como cristais fibrosos ou placóides, esverdeados, anédricos a subédricos. Os minerais opacos (magnetita-ilmenita) são relativamente frequentes (podem atingir até cerca de 10%); formam grãos anédricos a subédricos, com hábito retangular ou quadrático, associados ao piroxênio e à clorita.

Os componentes acessórios, nessas rochas, são rutilo, titanita, raramente quartzo e feldspato potássico. Os minerais de alteração compreendem biotita, clorita, opacos, sericita e carbonato, que provem do piroxênio e do plagioclásio.

A textura mais comum, nessas rochas, é a do tipo subofítica.

3.2.1.2.3. - Geoquímica

Um total de 20 amostras do Granito Morro Redondo foi submetido a análises químicas, figura 3.14, determinando-se elementos maiores, menores a ETR (apêndice 1): 8 amostras da Unidade Papanduva e 12 da Unidade Quiriri.

Os principais índices químicos para se avaliar quais tipos de magmas correspondem a essas 2 unidades componentes do presente corpo granítico apresentam as variações seguintes:

	Unidade Papanduva	Unidade Quiriri
SiO ₂	74,37 a 76,39%	73,17 a 76,14%
Na ₂ O+K ₂ O	7,88 a 9,14%	8,15 a 8,78%
K ₂ O/ Na ₂ O	0,63 a 1,18	1,27 a 1,58%
IA	1,02 a 1,13	0,82 a 0,91
A/CNK	0,85 a 0,96	1,00 a 1,10
F/FM	0,96 a 1,00	0,71 a 0,89

Os teores em sílica variam em intervalos muito pequenos (2% na Unidade Papanduva e 3% na Unidade Quiriri), contidos no erro analítico. Indicam, por outro lado, rochas muito diferenciadas.

A Unidade Papanduva corresponde a granitos peralcalinos, cujas amostras se revelam, na sua maior parte, mais potássicas do que sódicas; a Unidade Quiriri corresponde a granitos fracamente peraluminosos, invariavelmente mais potássicos do que sódicos (vide diagrama K₂O x Na₂O, figura 3.16). O índice F/FM, que atinge valores extremos na Unidade Papanduva, mostra o maior enriquecimento em ferro dessa unidade em relação a magnésio.

A maior parte dos diagramas de variação apresentados a seguir discrimina bastante bem as 2 unidades presentes de rochas graníticas. Os diagramas óxidos x sílica, figura 3.15, evidenciam, claramente, que a Unidade Papanduva (riebeckita ± aegirina álcali-feldspato granitos) se destaca da Unidade Quiriri (biotita sienogranitos) sobretudo por seus mais elevados teores em Na₂O e Fe₂O₃ e mais baixos teores em Al₂O₃, CaO, MgO e H₂O.

A distribuição das amostras nos espaços CaO x Sr e CaO x Ba, figura 3.16, ilustra o empobrecimento em CaO, Sr e Ba da Unidade Papanduva em relação à Unidade Quiriri.

No diagrama Rb x K₂O, figura 3.17, a distribuição das amostras Papanduva e Quiriri não permite deduções relacionadas a “tendências de Shaw”, que geralmente se fazem quando se enfoca tal tipo de diagrama binário. Na mesma figura, o diagrama Na₂O x K₂O x CaO sugere muito vagamente a possibilidade de que, na hipótese de evolução por cristalização fracionada das unidades Papanduva e Quiriri, tenham atuado como fases minerais principais respectivamente plagioclásio e feldspato potássico.

Os diagramas elementos menores x sílica, figura 3.18, evidenciam que a Unidade Papanduva, ao contrário da Unidade Quiriri, possui baixos teores em Sr e Ba, além de elevados teores em Zr e Nb. As duas unidades possuem, entretanto, teores comparáveis (relativamente elevados) em Y e Rb.

No diagrama Rb x Ba x Sr, figura 3.19, as amostras das duas unidades se distribuem junto ao lado Ba-Rb do triângulo, segundo o “trend” de El Bouseily e El Sokkary (1975), ao passo que na figura 3.20, os dois diagramas Rb x (Y+Nb) e Nb x Y comprovam o caráter intraplaca do Granito Morro Redondo.

Análises de ETR foram realizadas em três amostras da Unidade Papanduva e cinco da Unidade Quiriri, cujos respectivos diagramas normalizados aos condritos constam nas figuras 3.21 e 3.22. Na primeira, os três espectros de ETR da Unidade Papanduva mostram fracionamentos pequeno/moderado dos ETRL e praticamente nulo dos ETRP, bem como anomalias negativas moderadas de Eu. O conteúdo em ETR é elevado nessas três amostras, variando de aproximadamente 300 x condrito para o La até cerca de 60 x condrito para o Lu. Na segunda figura, os cinco espectros da Unidade Quiriri exibem fracionamentos em geral moderado dos ETRL e muito pequeno dos ETRP, mostrando anomalias negativas pequenas de Eu. O conteúdo em ETR em tais amostras é, como nas três anteriores, também elevado, caindo de cerca de 400 x condrito para o La até mais ou menos 20 x condrito para o Lu.

Figura 3.15 - Diagramas óxidos x sílica (% em peso). *Granito Morro Redondo*. Unidade Papanduva (riebeckita $\pm$ aegirina álcali-feldspato granitos), quadrado azul; Unidade Quiriri (biotita sienogranitos), esfera rosa.

Figura 3.15 (continuação) - Diagramas óxidos x sílica (% em peso).
Granito Morro Redondo.

Figura 3.16 - Diagramas K₂O x Na₂O, A/CNK x SiO₂, CaO x Sr e CaO x Ba (óxidos em % em peso; elementos menores em ppm). *Granito Morro Redondo*. (Mesma legenda da figura 3.15)

Figura 3.17 - Diagramas Rb x K₂O e Na₂O x K₂O x CaO (óxidos em % em peso; Rb em ppm). *Granito Morro Redondo*. (Mesma legenda da figura 3.15).

Figura 3.18 - Diagramas elementos menores (ppm) x sílica (% em peso).
Granito Morro Redondo. (Mesma legenda da figura 3.15).

Figura 3.19 - Diagrama Rb x Ba X Sr (em ppm). *Granito Morro Redondo*. (Mesma legenda da figura 3.15).

Figura 3.20 - Diagramas Rb x (Y+Nb) e Nb x Y, de Pearce et al., (1984) (elementos em ppm). *Granito Morro Redondo*. (Mesma legenda da figura 3.15).

Figura 3.21 - Diagramas de ETR normalizados aos condritos. Amostras PK-093, PK-100 e PK-105 e campo determinado por essas amostras. Unidade Papanduva, *Granito Morro Redondo*. (Mesma legenda da figura 3.15).

Figura 3.22 - Diagramas de ETR normalizados aos condritos. Amostras PK-117, PK-095, PK-101, PK-111 e PK-102 e campo determinado por essas amostras. Unidade Quiriri, *Granito Morro Redondo*. (Mesma legenda da figura 3.15).

GRANITO MORRO REDONDO

Prancha Fotográfica 2

Foto 2a - Riebeckita $\pm$ aegirina álcali-feldspato granito cinza claro, ligeiramente azulado, maciço, equigranular, de granulação média. Unidade Papanduva. Amostra PK-105, nº de ordem 111. Procedência: encosta de morro da serra Papanduva (PR), $\pm$ 20 km, em linha reta, a NW de Garuva SC.

Foto 2b - Fotomicrografia com polarizadores paralelos (aumento de 5 x). Cristais de aegirina zonada, com tendências a serem fibro-radiados, em riebeckita $\pm$ aegirina álcali-feldspato granito. Unidade Papanduva. Amostra PK-100, nº de ordem 107. Procedência: proximidades do contato entre as unidades Papanduva e Quiriri (PR), $\pm$ 15 km, em linha reta, a NW de Garuva, SC.

Foto 2c - Biotita sienogranito rosa, maciço, equigranular, de granulação fina. Unidade Quiriri. Amostra PK-095, nº de ordem 102. Procedência: pequena pedreira próxima à rodovia BR-101, $\pm$ 4 km a NW de Garuva, SC.

Foto 2d - Fotomicrografia com polarizadores cruzados (aumento 2,5 x). Textura granofírica em torno de pequeno cristal de feldspato potássico; biotita sienogranito. Unidade Quiriri. Amostra PK-101, nº de ordem 108. Procedência: proximidades do contato entre as unidades Quiriri e Papanduva (PR), $\pm$ 12 km, em linha reta, a NW de Garuva, SC.

a

b

c

d

3.2.1.3 - Granito Anhangava

3.2.1.3.1 - Aspectos Gerais

O Granito Anhangava, figuras 3.23 e 3.24, é um pequeno maciço granítico da SMA, de forma ovóide, situado a cerca de 20 km a E da cidade de Curitiba. Sua denominação, creditada a Fuck (1967a), lembra o morro de mesmo nome (“Morro do Anhangava”) localizado em sua região central.

Alongado na direção N-S, segundo a qual mede aproximadamente 15 km, o maciço tem uma largura máxima em torno de 6 km, cobrindo uma área total próxima de 55 km². Seu relevo é dissecado em montanhas, pertencentes a duas serras: a do Baitaca, da região central, e da Boa Vista, da região S do maciço, que tem no “Morro do Baitaca” (1430m de altitude) daquela primeira serra o seu ponto culminante. Sua drenagem é feita por uma rede hidrográfica centrífuga.

O acesso às bordas N e W do Granito Anhangava é fácil. A partir de Curitiba, é feito pela rodovia BR-116 até Quatro Barras, de onde se prossegue, por estradas secundárias, até Borba do Campo - localidade bem próxima do maciço, da qual partem outras estradas e caminhos que levam a esse corpo intrusivo. O acesso às regiões S e SE é feito através da cidade de Piraquara, enquanto que, à borda E, através da estrada de ferro da RFFSA (trecho Roça Nova - Banhado Grande) que percorre o contato (zona de falha) entre o maciço e os granitóides cálcio-alcalinos deformados do Domínio Ribeira..

O maciço tem numerosas pedreiras, que estão concentradas na sua metade W, particularmente junto a Borda do Campo. A lavra da rocha, nesses locais, visa a obtenção, sobretudo, de material para revestimento e pavimentação poliédrica. Uma única empresa extrai blocos para serraria, no centro-norte do corpo intrusivo, explorando matacões gigantes, sempre acima de 200m³. O granito aí obtido tem o nome comercial de “Rosa Curitiba” - um biotita sienogranito de coloração rosa clara acinzentada, com pontuações pretas, equigranular, de estrutura maciça e granulação média a grossa. Segundo MINEROPAR (1990), as reservas dessa rocha são consideradas inesgotáveis, situando-se sua produção (em 1990) em 60m³/mês.

Figura 3.23 - Mapa geológico do Granito Anhangava e arredores.

Figura 3.24 - Mapa de localização das amostras analisadas. *Granito Anhangava*.

Na literatura geológica, não há registro de trabalhos específicos realizados sobre esse maciço. Nos anos 60, foram executados, pela Comissão da Carta Geológica do Paraná, os mapeamentos geológicos em escala 1:50.000 das folhas cartográficas que o contêm: folhas Piraquara (Fuck, 1967a; Fuck et al., 1967d) e Morretes (Cordani e Girardi, 1967; Cordani et al., 1967).

O maciço está alojado em rochas gnáissico-migmatíticas do Domínio Ribeira, sendo que a SE confronta, através de extensa zona de falha com direção N30E, com os granitóides deformados desse mesmo domínio. Seus contatos nunca estão diretamente expostos. Quando através de falhas, na borda W do corpo granítico, seguem pequenos cursos d'água, nas vizinhanças dos quais se encontram, esporadicamente, blocos de quartzo leitoso e indícios de cataclase em matacões graníticos.

O maciço tem uma estrutura anelar, sendo constituído por sienogranito, diferentes tipos de álcali-feldspato granito, além de sienito e quartzo-sienito, que são agrupados, no presente trabalho, em três unidades de mapeamento, assim designadas:

- Unidade Serra do Baitaca
- Unidade Serra da Boa Vista
- Unidade Roça Nova

Os contatos entre essas unidades não estão expostos diretamente. Entretanto, correspondem a mudanças mais ou menos acentuadas do padrão de dissecação do relevo, cujo modelado é controlado pelo tipo de litologia.

A Unidade Serra do Baitaca corresponde ao núcleo central do maciço - zona caracterizada por abundância de matacões graníticos, vegetação rala e solo raso ou ausente. A Unidade Serra da Boa Vista se estende a N, a E e, principalmente, a S de referido núcleo, ao passo que a Unidade Roça Nova ocorre em pequena extensão no extremo S do maciço (junto à estação de mesmo nome, da RFFSA) e, segundo extensão bem mais ampla, no N e NE do corpo intrusivo.

Filões, filonetes e veios de aplito róseo cortam, esporadicamente, a Unidade Serra do Baitaca. Vários diques de diabásio, do Jurássico-Cretáceo, com direção N50-60W, seccionam, por sua vez, as diferentes unidades do maciço.

3.2.1.3.2 - Caracterização petrográfica.

A - Unidade Serra do Baitaca.

A Unidade Serra do Baitaca, que constitui o núcleo central do Granito Anhangava, é constituída por biotita sienogranito e, subsidiariamente, por biotita álcali-feldspato granito. O biotita sienogranito, em vários de seus afloramentos e matacões rolados, exhibe autólitos cinza escuro, normalmente esparsos na massa granítica, e de composição mineralógica muito semelhante à daquela rocha, conforme se verá na final do presente item.

A.1 - Biotita sienogranito.

Principal constituinte da presente unidade do Granito Anhangava, essa rocha se apresenta com estrutura maciça, coloração cinza clara ligeiramente rosada (foto 3 a), ou rosa clara acinzentada, equigranular, de granulação média a grossa, em geral com quartzo abundante, tendo como componente máfico primário, essencial, unicamente a biotita. O quartzo é branco acinzentado, algo violáceo; forma comumente aglomerados. Os outros componentes minerais, identificáveis a olho nu, são o feldspato rosa e o plagioclásio branquicento, além da biotita, em palhetas pretas disseminadas na rocha.

Ao microscópio, constata-se, além dos componentes essenciais (feldspato potássico, quartzo, plagioclásio e biotita), minerais de alteração — sericita e argilo-minerais, bem como acessórios — allanita, fluorita, opacos e zircão. Eventualmente, constata-se traços de hornblenda verde associada à biotita.

O feldspato potássico se apresenta como cristais subédricos a anédricos, bem desenvolvidos, pertíticos, sendo as pertitas predominantemente do tipo “string”. Não raro, contem inclusões de pequenos grãos de plagioclásio, que representam a primeira geração deste componente mineral. O contato entre os cristais de feldspato potássico é, geralmente, marcado pelo desenvolvimento de fina franja de albita límpida, tardia.

O quartzo ocorre, em geral, também como cristais bem desenvolvidos, subédricos.

O plagioclásio se apresenta sob duas formas: cristais maiores (oligoclásio-andesina sódica), subédricos, dispersos pela rocha ou constituindo aglomerados, maclados em geral segundo a lei Albita, mais raramente Albita - Carlsbad, mostrando seus núcleos freqüentemente um pouco sericitizados; cristais diminutos, igualmente subédricos, inclusos nos de feldspato potássico. Tais cristais menores e aqueles maiores representam a primeira e a segunda gerações de plagioclásio, respectivamente.

A biotita aparece como palhetas comumente curtas, dispersas ou em aglomerados na rocha. Fortemente pleocróica, com coloração variando de castanha pálida a castanha escura, ocupa espaços intersticiais, como conseqüências de cristalização em estágio tardio.

Os minerais de alteração estão representadas por sericita, proveniente da transformação do plagioclásio, e por argilo-minerais provindos da transformação de feldspato potássico.

Os minerais acessórios, todos associados à biotita, compreendem: allanita, em prismas geralmente curtos, pleocróicos, por vezes zonados, produzindo halos pleocróicos na biotita; fluorita, sob a forma de cristais incolores, irregulares; opacos, como cristais raros, de forma muito variada.

O pouco desenvolvimento de albita tardia em torno dos cristais de feldspato potássico indica que o processo de albitização atuou de modo pouco significativo na rocha.

A seqüência de início de cristalização pode ser assim esquematizada: plagioclásio e quartzo → feldspato potássico → allanita + zircão → biotita → opacos + fluorita → albita tardia.

A.2 - Biotita álcali-feldspato granito.

Esta rocha se apresenta intimamente associada ao biotita sienogranito descrito acima, do qual muitas vezes pouco se distingue no campo. Maciça, equigranular, de granulação média a fina, tem uma coloração cinza clara (foto 3 b), vez que outra ligeiramente esverdeada (quando se destaca do biotita sienogranito). Sua constituição, macroscopicamente, consiste em feldspato branco acinzentado, quart-

zo branco, translúcido, disseminado ou em aglomerados, e máficos (biotita) normalmente esparsos.

Ao microscópio, registra-se a composição mineralógica seguinte: mesopertita, quartzo, biotita e minerais acessórios (allanita, opacos, fluorita e zircão).

A mesopertita ocorre como cristais subédricos, geralmente bem desenvolvidos e com uma fina franja de albita límpida, pós-magmática. Como inclusões, apresenta raros grãos euédricos de quartzo e, muito eventualmente, grãos subédricos de zircão.

O quartzo se apresenta sob duas formas, refletindo sua formação em duas gerações: como grãos subédricos esparsos ou formando aglomerados, raramente inclusos em cristais de mesopertita, como acima registrado; como grãos anédricos, por vezes amebiformes, freqüentemente com extinção ondulante, claramente intersticial, de cristalização tardia.

A biotita ocorre como palhetas esparsas, fortemente pleocróica, com coloração do castanho escuro ao amarelo acastanhado. Muito raramente ocorre como biotita verde. Ocupa sempre posições intersticiais na rocha.

Os minerais acessórios compreendem: opacos, de formas diversas; fluorita, como cristais brancos, em geral fraturados; zircão, como grãos anédricos a subédricos, zonados; allanita (muito rara), como cristais prismáticos, subédricos, de coloração castanha. Todos se mostram associados à biotita, sendo que o zircão, como cristais euédricos e diminutos, pode ocorrer também incluído nos grãos de mesopertita.

A seqüência de início de cristalização sugerida nessa rocha é a seguinte: quartzo (1ª geração) e zircão (1ª geração) → mesopertita → biotita castanha, biotita verde, fluorita, opacos, zircão (2ª geração) → quartzo (2ª geração) e albita.

A. 3 - Autólitos

Os autólitos da presente unidade faciológica do Granito Anhangava se apresentam associados, conforme acima registrado, ao biotita sienogranito, com o qual mantêm, praticamente, uma mesma identidade composicional. Consistem em pequenos corpos ovóides, raramente mais ou menos tabulares, de dimensões em geral centimétricas ou de poucos decímetros, em contato brusco com a rocha en-

caixante. São de coloração cinza escura, equigranulares, maciços, de granulação fina. Eventualmente, mostram-se inequigranulares, com matriz cinza escura fina e megacristais esparsos de feldspato potássico róseo e quartzo límpido.

Ao microscópio, revelam-se constituídos por plagioclásio, quartzo, feldspato potássico e biotita, além de acessórios (allanita, opacos e zircão).

O plagioclásio (oligoclásio) se apresenta como cristais subédricos, prismáticos, bastante desenvolvidos, maclados segundo a lei Albita, mais raramente segundo Albita-Carlsbad, mostrando núcleos usualmente sericitizados. Engloba, principalmente nas suas bordas, grãos de quartzo subédricos. Frequentemente, mostra-se circundado por feldspato potássico, o qual também engloba referidos tipos de grãos de quartzo.

O quartzo ocorre como cristais de dois tipos: cristais subédricos, pouco desenvolvidos, incluídos em plagioclásio ou em feldspato potássico, conforme acima descrito; cristais anédricos, maiores, tardios, que ocupam claramente espaços intergranulares.

O feldspato potássico (microclínio) aparece com a clássica macla em grade, constituindo uma franja nos cristais de plagioclásio. É claramente posterior a este último mineral e ao quartzo.

A biotita se apresenta como cristais intersticiais, de dois tipos: biotita castanha, fortemente pleocróica (do castanho pálido ao castanho escuro) e biotita verde, com pleocroísmo mais brando (do verde amarelado ao verde garrafa).

Os minerais acessórios — allanita, opacos e zircão, se encontram todos inclusos nos cristais de biotita.

Em função de estimativa visual dos constituintes acima descritos, os autólitos em pauta seriam classificados como biotita monzogranitos. A seqüência provável de início de cristalização de tais constituintes pode ser assim esquematizada: quartzo (1ª geração) → plagioclásio → feldspato potássico → quartzo (2ª geração) → allanita + zircão → biotita → opacos.

B - Unidade Serra da Boa Vista

Essa unidade do Granito Anhangava é constituída por riebeckita biotita álcali-feldspato granito e álcali-feldspato granito com biotita e riebeckita, além de biotita álcali-feldspato granito, todos ocorrendo intimamente associados no campo.

B.1 - Riebeckita biotita álcali-feldspato granito e álcali-feldspato granito com biotita e riebeckita.

Essas rochas são maciças, de coloração rosa clara acinzentada (foto 3c), por vezes esverdeada, equigranulares, de granulação em geral média, constituídas por uma massa quartzo-feldspática e pontuações escuras, esparsas, correspondentes a biotita e anfibólio.

Ao microscópio, se mostram compostas por mesopertita, quartzo, biotita, anfibólios e minerais acessórios.

A mesopertita ocorre como cristais subédricos, de tamanho diversificado, apresentando, vez que outra, nos contatos entre si, fina franja de albita pós-magmática. O quartzo se apresenta gerado em duas fases: cristais subédricos, seguidamente incluídos em mesopertita, e cristais anédricos, intersticiais, tardios, com freqüente extinção ondulante. A biotita constitui palhetas esparsas, intersticiais, de coloração castanha, freqüentemente com manchas alaranjadas, fortemente pleocróica; ou, então, ocorre como palhetas verdes, com pleocroísmo mais brando. Inclui minerais acessórios. Os anfibólios se apresentam como cristais subédricos, esverdeados, de composição cálcica, e cristais azuis (riebeckita) em agregados fibro-radiados (foto 3 d) ou manchas irregulares na biotita. Os minerais acessórios compreendem zircão, fluorita, allanita, opacos e titanita, os quais estão usualmente associados à biotita.

A seqüência provável de início de cristalização dos componentes minerais dessas rochas seria: quartzo (1ª geração) → mesopertita → minerais acessórios → biotita e anfibólios → quartzo (2ª geração).

B.2 - Biotita álcali-feldspato granito.

Maciça, de coloração rosa clara, granulação grossa e equigranular, essa rocha é composta, a olho nu, por uma massa de feldspato alcalino rosado, de onde se destacam cristais brancos, translúcidos de quartzo, além de pontuações esparsas,

pretas, de biotita. Microscopicamente, revela, como composição: mesopertita, quartzo, biotita e minerais acessórios.

A mesopertita constitui cristais bem desenvolvidos, subédricos, bordejados por fina faixa de albita. Apresenta, como inclusões, diminutos cristais subédricos de quartzo e de zircão, além de, com menos frequência, cristais subédricos a anédricos de fluorita.

O quartzo ocorre de três maneiras distintas: cristais subédricos inclusos em mesopertita; cristais igualmente subédricos, relativamente desenvolvidos, em contato entre si ou com os grãos de mesopertita; cristais anédricos, com frequente extinção ondulante, claramente intersticiais.

A biotita, sempre intersticial, se apresenta como pequenas palhetas de cor castanha, fortemente pleocróica (cor variando do castanho escuro ao castanho amarelado claro), bem como palhetas verdes, igualmente diminutas, como pleocroísmo mais brando (do verde amarelado bem claro ao verde garrafa).

Os acessórios compreendem: cristais de fluorita, zircão e opacos, inclusos nas palhetas de biotita e, raramente, nos cristais de mesopertita.

Cristais isolados, subédricos, límpidos, de albita, de tamanho comparável àquele dos cristais de mesopertita, ocorrem muito esporadicamente nessa rocha.

A seqüência provável de início de cristalização pode ser assim esquematizada: quartzo (1ª geração), fluorita (1ª geração) e zircão (1ª geração) → mesopertita, quartzo (2ª geração) e albita (cristais isolados) → biotitas, fluorita (2ª geração), zircão (2ª geração), albita pós-magmática e quartzo (3ª geração).

C - Unidade Roça Nova

Esta unidade do Granito Anhangava, que ocorre nas extremidades N e S desse maciço granítico, é constituída por hornblenda álcali-feldspato sienito, hornblenda clinopiroxênio quartzo álcali-feldspato sienito com faialita e biotita álcali-feldspato granito, todos intimamente relacionados e com passagem gradual provável entre si.

C.1 - Hornblenda álcali-feldspato sienito.

Maciça, muito resistente, essa rocha tem coloração cinza escura, por vezes quase preta, é equigranular e de granulação usualmente média. Apresenta-se constituída, macroscopicamente, por feldspato e pontuações esparsas de minerais máficos. Ao microscópio, revela-se composta por mesopertita, anfibólio, piroxênio, biotita, quartzo e acessórios.

A mesopertita ocorre sob a forma de cristais subédricos, bastante desenvolvidos, geralmente muito pouco alterados e pouco fraturados. O anfibólio é o máfico predominante. Apresenta-se como cristais de tamanho e forma variados, geralmente subédricos, pleocróicos, com coloração variando de verde claro a castanho claro, com ângulo de extinção pequeno. Esperso por toda a rocha, está associado a restos de piroxênio e a palhetas de biotita.

O piroxênio é o segundo máfico em importância na rocha. É do tipo clinopiroxênio e está disseminado, como cristais subédricos.

A biotita, muito escassa, ocorre como finas palhetas, em geral associadas aos cristais de anfibólio.

O quartzo é componente também muito escasso. Como cristais subédricos a anédricos, límpidos, não fraturados, preenche em geral vazios entre cristais de mesopertita.

Os minerais acessórios compreendem apatita, fluorita, zircão e opacos.

C.2 - Hornblenda clinopiroxênio quartzo álcali-feldspato sienito com faialita.

Esta rocha se apresenta com coloração cinza esverdeada, equigranular, de granulação média a grossa. Macroscopicamente, identifica-se apenas a massa fundamental feldspática, com pontuações disseminadas de minerais máficos.

Ao microscópio, revela composição bastante semelhante à do sienito atrás descrito, compreendendo mesopertita, clinopiroxênio, hornblenda, faialita, quartzo e acessórios.

Os cristais de mesopertita são subédricos e geralmente estão muito pouco argilizados. O clinopiroxênio e a hornblenda ocorrem comumente associados, esparsos na rocha, estando este último mineral na borda do primeiro. A faialita, sob

a forma de cristais subédricos, aparece isoladamente, dentro dos cristais de mesopertita, ou está associada aos outros componentes máficos. Sua coloração é amarelo-esverdeada, com altos relevo e birrefringência. Seguidamente, apresenta fraturas curvas preenchidas por produtos de alteração pretos. Por vezes, está representada apenas por “esqueletos” formados essencialmente por tal produto de alteração e epidoto. O quartzo, bastante raro, ocorre como cristais anédricos, límpidos, em geral não fraturados, que preenchem os interstícios da rocha. Os acessórios consistem em allanita, zircão, fluorita e opacos, como inclusões nos cristais de máficos e de mesopertita.

C.3 - Biotita álcali-feldspato granito.

Maciça, de coloração cinza clara, granulação média, com diminutas manchas escuras, essa rocha se apresenta, macroscopicamente, constituída por uma massa feldspática, onde estão esparsos cristais de quartzo e de biotita.

Ao microscópio, mostra-se constituída por mesopertita, quartzo, biotita e minerais acessórios.

A mesopertita ocorre como cristais subédricos a anédricos, comumente bem desenvolvidos, com uma fina franja de albita pós-magmática. O quartzo se apresenta como raríssimos e diminutos cristais subédricos, inclusos em mesopertita, ou como cristais anédricos, bem desenvolvidos, intersticiais e com extinção ondulante freqüente. A biotita, sempre intersticial, ocorre como palhetas castanhas, fortemente pleocróica, e mais raramente como palhetas verdes. Entre os acessórios, registra-se fluorita, associada à mesopertita ou à biotita; zircão, incluso em biotita ou em quartzo intersticial; opacos, ligados à biotita.

3.2.1.3.3 - Geoquímica

Dispõe-se de 14 análises químicas (elementos maiores, menores e ETR) efetuadas em amostras do Granito Anhangava coletadas nas 3 unidades desse corpo intrusivo: 6 análises da Unidade Serra do Baitaca, 4 da Unidade Serra da Boa Vista e 4 da Unidade Roça Nova. A variação dos principais índices químicos referentes a essas 3 unidades, em função de tais análises, é a seguinte:

	Unidade Serra do Baitaca	Unidade Serra da Boa Vista	Unidade Roça Nova
SiO_2	70,35 a 76,23%	69,19 a 74,16%	63,75 a 75,77%
$\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$	8,47 a 10,24%	9,55 a 10,20%	8,84 a 11,26%
$\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$	1,02 a 1,21	0,96 a 1,13	1,01 a 1,11
IA	0,85 a 0,98	0,96 a 1,00	0,95 a 0,97
A/CNK	0,95 a 1,02	0,90 a 0,96	0,86 a 0,97
F/FM	0,83 a 0,99	0,94 a 0,99	0,92 a 0,99

A Unidade Serra do Baitaca é metaluminosa, a Unidade Serra da Boa Vista é fracamente peralcalina e a Unidade Roça Nova é metaluminosa. As unidades Serra do Baitaca e Roça Nova são mais potássicas do que sódicas, ao passo que a Unidade Serra da Boa Vista é ligeiramente mais sódica (vide diagrama K_2O x Na_2O , figura 3.26).

Com o aumento em sílica (vide apêndice 1), a soma dos álcalis, na Unidade Serra do Baitaca, baixa, inicialmente, para se manter posteriormente constante ($\sim 8,50\%$); nas outras 2 unidades, decresce ligeiramente.

No diagrama Na_2O x SiO_2 , figura 3.25, os valores de Na_2O decrescem com o aumento em sílica na Unidade Roça Nova, comportando-se irregularmente nas unidades Serra da Boa Vista e Serra do Baitaca. No diagrama K_2O x SiO_2 , da mesma figura, verifica-se, entretanto, que K_2O diminui, nas 3 unidades, com o avanço da diferenciação.

Os teores de Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , MgO e TiO_2 correlacionam-se também negativamente com a sílica, nas 3 unidades, figura 3.25, havendo maior dispersão dos pontos no caso do diagrama MgO x SiO_2 , para as unidades Serra do Baitaca e Roça Nova.

O diagrama que contrapõe CaO a Sr , figura 3.26, permite uma boa discriminação das 3 unidades, com correlações positivas nas unidades Serra do Baitaca e Serra da Boa Vista e evolução, para a Unidade Roça Nova, que mostra dimi-

nuição de CaO sob Sr constante (~ 12 ppm). Nos casos das 2 primeiras unidades, pode-se deduzir, por tal diagrama, que houve influência de plagioclásio na evolução dos respectivos líquidos magmáticos.

O diagrama Rb x K_2O , figura 3.26, mostra, para a Unidade Roça Nova, que os pontos das amostras se correlacionam negativamente, seguindo o “trend” pegmatítico hidrotermal de Shaw (1968), enquanto que há dispersão dos pontos referentes às outras duas unidades.

As relações entre elementos menores e sílica podem ser vistas nos diagramas da figura 3.27. Nos 4 primeiros, observa-se que:

- Zr tem comportamento variado na evolução de cada uma das unidades.
- Y, Rb e Nb são incompatíveis durante toda a diferenciação da Unidade Roça Nova, tendo caracter indefinido na diferenciação da Unidade Serra da Boa Vista. No caso da Unidade Serra do Baitaca, são incompatíveis (exceto Rb) só no final da evolução desta unidade (73-76 % SiO_2).

Os diagramas Sr x SiO_2 e Ba x SiO_2 , figura 3.27, registram os comportamentos compatíveis de Sr e Ba na evolução das unidades Serra do Baitaca e Serra da Boa Vista, permanecendo, entretanto, tais elementos, em níveis constantes (Sr $\cong 10$ ppm, Ba $\cong 100$ ppm) na diferenciação da Unidade Roça Nova. O diagrama Sr x SiO_2 permite uma boa discriminação das 3 unidades, semelhantemente àquela do diagrama CaO x Sr, figura 3.26.

A correlação entre Rb, Ba e Sr pode ser observada no diagrama da figura 3.28: as 3 unidades se posicionam, aí, no campo dos “granitos fortemente diferenciados” (El Bouseily e El Sakkary, 1975).

Os diagramas que contrapõem Rb a (Y+Nb) e Nb a Y, figura 3.29, evidenciam o caráter intraplaca do Granito Anhangava.

Análises de ETR foram executados em todas as amostras coletadas nesse maciço granítico, à exceção da amostra PK-049 (determinado, nesta, só lantânio). Os diagramas normalizados aos condritos de 10 dessas amostras constam nas figuras 3.30 (4 diagramas da Unidade Serra Do Baitaca), 3.31 (3 diagramas da Unidade Serra da Boa Vista) e 3.32 (3 diagramas da Unidade Roça Nova), nas quais os mesmos estão ordenados segundo teores crescentes em sílica das amostras,

representando sucessivos passos de prováveis evoluções magmáticas das unidades por cristalização fracionada.

Os índices para avaliação do fracionamento dos ETR e das anomalias negativas de Eu, nas 3 unidades, apresentam os valores a seguir tabelados.

Unidade	Amostra	Ce _N /Yb _N	Ce _N /Sm _N	Gd _N /Yb _N	Eu/Eu*	SiO ₂ (%)
Serra do Baitaca	PK-020a	10,69	4,76	1,11	0,39	73,49
	PK-020	4,50	3,16	0,87	0,29	73,37
	PK-021	6,15	3,05	1,22	0,18	75,13
	PK-028	2,46	2,41	0,70	0,09	76,23
Serra da Boa Vista	PK-022	4,92	2,44	1,40	0,17	69,19
	PK-022a	7,33	3,43	1,21	0,13	73,31
	PK-030	3,69	2,30	1,01	0,07	74,16
Roça Nova	PK-025	8,76	3,00	1,55	0,37	63,75
	PK-023	8,84	3,05	1,49	0,11	68,72
	PK-027	3,02	2,47	0,83	0,12	75,77

O fracionamento dos ETR é semelhante nas 3 unidades: os ETRL mostram fracionamento que varia de forte a fraco, comportando-se como compatíveis; os ETRP praticamente não estão fracionados (espectros praticamente planos) e seu comportamento é o de elementos incompatíveis. As anomalias negativas de Eu aumentam continuamente, do início ao fim das evoluções (valores decrescentes de Eu/Eu*).

As fases minerais principais que atuaram na evolução das 3 unidades foram feldspatos (plagioclásio e/ou feldspato potássico). As fases máficas principais que fracionaram na Unidade Roça Nova foram, provavelmente, clinopiroxênio e olivina (faialita), presentes como minerais aparentemente precoces em tal unidade; é possível, por outro lado, que tenham atuado, também, nas outras unidades. As fa-

ses de minerais acessórios nas evoluções estiveram provavelmente representadas, essencialmente, por allanita (que atua nos ETRL).

A abundância em ETR varia aproximadamente entre os seguintes valores extremos (valores para o lantânio e para o lutécio) nas 3 unidades:

Unidade	La	Lu
Serra do Baitaca	100-200 x condrito	15 - 30 x condrito
Serra da Boa Vista	100-250 x condrito	25-35 x condrito
Roça Nova	200-380 x condrito	20-45 x condrito

Figura 3.25 - Diagramas óxidos x sílica (% em ppm). *Granito Anhangava*. Unidade Serra da Baitaca (biotita sienogranito, biotita álcali-feldspato granito e biotita monzogranito), esfera azul; Unidade Serra da Boa Vista (riebeckita biotita álcali-feldspato granito), triângulo vermelho; Unidade Roça Nova (hornblenda álcali-feldspato sienito, hornblenda clinopiroxênio quartzo álcali-feldspato sienito com faialita e biotita álcali-feldspato granito), quadrado verde.

Figura 3.25 (continuação) - Diagramas óxidos x sílica (% em peso). *Granito Anhangava*.

Figura 3.26 - Diagramas K₂O x Na₂O, A/CNK x SiO₂, CaO x Sr e Rb x K₂O (óxidos em % em peso; elementos menores em ppm). *Granito Anhangava*. (Mesma legenda da figura 3.25)

Figura 3.27 - Diagramas elementos menores (ppm) x sílica (% em peso). *Granito Anhangava*. (Mesma legenda da figura 3.25).

Figura 3.28 - Diagrama Rb x Ba x Sr (em ppm). *Granito Anhangava*. (Mesma legenda da figura 3.25).

Figura 3.29 - Diagramas Rb x (Y+Nb) e Nb x Y, de Pearce et al., (1984) (elementos em ppm). *Granito Anhangava*. (Mesma legenda da figura 3.25).

Figura 3.30 - Diagramas de ETR normalizados aos condritos. Amostras da Unidade Serra do Baitaca. *Granito Anhangava*.

Figura 3.31 - Diagramas de ETR normalizados aos condritos. Amostras da Unidade Serra da Boa Vista. *Granito Anhangava*.

Figura 3.32 - Diagramas de ETR normalizados aos condritos. Amostras da Unidade Roça Nova. *Granito Anhangava*.

GRANITO ANHANGAVA

Prancha Fotográfica 3

pedra de cor cinza clara

Foto 3a - Biotita sienogranito de coloração cinza clara, ligeiramente rosada, maciço, equigranular, de granulação média. Unidade Serra do Baitaca. Amostra PK-020, nº de ordem 12. Procedência: pedreira B. T. Almeida, a 4 km a E de Borda do Campo, Mun. Quatro Barras, PR.

Foto 3b - Biotita álcali-feldspato granito de coloração cinza clara, fino, equigranular. Unidade Serra do Baitaca. Amostra PK-029, nº de ordem 73. Procedência: grande pedreira abandonada, a 5 km a E de Piraquara, PR.

A-PA

Foto 3c - Álcali-feldspato granito com biotita e riebeckita, de coloração rosa clara acinzentada, granulação média, equigranular. Unidade Serra da Boa Vista. Amostra PK-22a, nº de ordem 67. Procedência: pedreira Buscardin, a 4 km a E de Piraquara, PR.

Foto 3d - Fotomicrografia com polarizadores paralelos (aumento 2,5 x). Biotita alaranjada e riebeckita tardia, fibro-radiada; riebeckita biotita álcali-feldspato granito. Unidade Serra da Boa Vista. Amostra PK-030, nº de ordem 74. Procedência: pequeno morro da borda E do maciço granítico, a 7 km (linha reta) a NE de Piraquara, PR.

656, S. Barbieri

a

b. AFG

b

c

d

3.2.1.4 - Granito Graciosa

3.2.1.4.1. - Aspectos Gerais

Entre os maciços graníticos da SMA, o Granito Graciosa, figuras 3.33 e 3.34, localizado a cerca de 40 km a E de Curitiba, se destaca por ser um dos maiores e de relevo mais acidentado. Sua denominação, tomada da serra homônima, deve-se a Cordani e Girardi (1967), que descreveram as características gerais das porções central e S do corpo ígneo, por ocasião do mapeamento geológico em escala 1:75.000 que então realizaram da folha cartográfica que contém aquelas porções (Folha Morretes).

Como o Granito Corupá, o Granito Graciosa tem forma aproximada de “bumerangue”, alongado segundo NNE-SSW, onde mede cerca de 40 km, tendo largura máxima de mais ou menos 12 km. Seu relevo, dissecado em montanhas e com altitudes que variam aproximadamente entre 800 e 1900m, compreende algumas serras, entre as quais se destacam (de N para S) as do Capivari, dos Órgãos, da Mãe Catira, da Graciosa e da Farinha Seca. A porção N da serra dos Órgãos é também conhecida como serra Verde ou do Ibitiraquire, onde se encontram os picos Paraná (o mais alto do Estado do Paraná, com 1922m), Caratuba (1898m), Taipabuçu (1817m), Ciririca (1781m), Agulha da Cotia (1503m) e Ibitira-Mirim (1359m). A parte S da serra dos Órgãos, também nomeada de serra de São João, tem altitudes bastante mais baixas, nela sobressaindo o morro do Chapéu (1002m).

Nas serras da Mãe Catira e da Graciosa, as altitudes tornam a se elevar, com pontos culminantes situados, respectivamente, a 1453 e 1472m. Em prosseguimento, no sentido SW, a serra da Farinha Seca tem altitudes da ordem de 1000-1200 m, nela se destacando o morro de mesmo nome, com ponto culminante a 1384m.

O maciço é percorrido, transversalmente, na sua região S, pela “estrada da Graciosa”, antiga via que liga Curitiba às cidades litorâneas de Morretes e Antonina. O acesso a outras áreas internas do maciço, entretanto, é precário, por força de extrema escassez e do tipo das vias de penetração (caminhos e trilhas), relevo

Figura 3.33 - Mapa geológico dos Maciços *Graciosa* e *Marumbi* e arredores.

Figura 3.34 - Mapa de localização de amostras analisadas. Maciços *Graciosa* e *Marumbi*.

muito acidentado e grande cobertura vegetal. A rodovia BR-116 passa junto às bordas NW e N da intrusão, ao passo que a região E desta é contornada pela rodovia que, partindo da cidade de Antonina, liga as localidades de Cacatu e Cachoeira de Cima. Da BR-116, partem poucas outras vias de acesso, todas secundárias, que avançam apenas um pouco, rumo ao interior do maciço. De Cachoeira de Cima, estradas bastantes precárias penetram o corpo intrusivo, cruzando os rios Cotia e Conceição, nos leitos ou proximidades dos quais há bons afloramentos de rochas (pontos das amostras PK-011, PK-012, PK-013, PK-019 e PK-019b).

A literatura geológica registra poucos trabalhos anteriores sobre o Granito Graciosa. Às investigações pioneiras de Maack (1961), seguiram-se os mapeamentos geológicos na escala 1:75.000 (Cordani e Girardi, 1967; Cordani et al., 1967) da Folha Morretes, que contêm as porções S e central do maciço, e na escala 1:70.000 (Fuck et al., 1970) da Folha Rio Capivari (ou Represa do Capivari), que abrange a porção N do corpo ígneo. Posteriormente, nada mais foi realizado, praticamente, acerca desse importante maciço da Serra do Mar.

Considerando-se os informes dos trabalhos acima referidos, e com respaldo de observações feitas no presente trabalho, o Granito Graciosa é constituído, basicamente, por dois tipos gerais de rochas graníticas: 1 — álcali-feldspato granito e/ou sienogranito com máficos sódicos (designados, naqueles trabalhos, de “granitos alcalinos”); 2 — biotita $\pm$ hornblenda granitos. Estes parecem ocorrer amplamente, limitando-se os “granitos alcalinos”, aparentemente, a áreas restritas dentro do maciço, entre as quais estão as do pico Paraná (e vizinhanças) e áreas do S do corpo granítico. Além desses dois tipos de rochas, o maciço incluiria, segundo Maack (1961): rochas eruptivas ácidas, ocorrentes na região do pico Caratuva, e “rochas dioríticas”, aflorantes justo a N e NW desta região (área a SE da represa do Capivari).

Na borda NE do maciço afloram, inclusivamente, rochas não registradas em trabalhos anteriores. Trata-se de um hornblenda álcali-feldspato granito rosa e de um biotita hornblenda monzonito cinza, que ocorrem, respectivamente, nas proximidades dos rios Cotia e Conceição, e cujas extensões e relações de contato com outras rochas componentes do maciço não puderam ser determinadas.

Na sua região S (serras da Graciosa e da Farinha Seca), o maciço inclui alguns pequenos corpos gnáissicos, com extensão máxima provável de poucos quilômetros, que tem sido interpretados como restos de teto. Na estrada da Graciosa, próximo ao rio Cascata, ocorre, por outro lado, rocha cinza esverdeada, maciça, de granulação média a fina e composição diorítica, que foi registrada, primeiramente, por Siga Júnior (1995). Como nos casos das ocorrências mencionadas no parágrafo acima, a extensão de tal rocha, dentro do Granito Graciosa, e as relações de contato que mantém com as encaixantes graníticas são ainda desconhecidas. Tal rocha poderá ser do mesmo tipo das “rochas dioríticas” descritas por Maack (1961) a N e NW da região do pico Caratuva.

O maciço é cortado, por fim, por numerosos diques de diabásio e de diorito pórfiro (do Juro-Cretáceo) de direção geral N45W, bem como por filões de aplito e de pegmatito quartzo-feldspático de direções variadas.

Alojado em rochas componentes do Domínio Ribeira - rochas gnáissico-migmatíticas e granitóides deformados, o Granito Graciosa confronta, a SE, através de extensa falha, com rochas granulíticas do Domínio Luís Alves. É concordante com as estruturas de tais encaixantes. Quanto a seus contatos, os mesmos nunca puderam ser observados diretamente.

3.2.1.4.2 - Caracterização petrográfica.

A - Biotita $\pm$ hornblenda sienogranitos

Estas rochas, que constituem, possivelmente, grande parte do Granito Graciosa, são de coloração cinza, maciças, de granulação muito variada, desde fina até grossa, e de aspectos texturais bastante diversificados, podendo ser desde equigranulares até inequigranulares porfiríticas (foto 4 a). Macroscopicamente, são constituídas por uma massa branca acinzentada quartzo-feldspática, onde estão disseminados diminutos cristais de biotita e/ou hornblenda. Eventualmente, apresentam manchas rosadas, correspondentes a megacristais de feldspato potássico. Ao microscópio, mostram-se constituídas por: plagioclásio, feldspato potássico, quartzo, biotita, hornblenda, clorita e minerais acessórios.

O plagioclásio (oligoclásio-andesina sódica) ocorre como cristais euédricos e subédricos, bem desenvolvidos, zonados e disseminados pela rocha; ou, então, como cristais menores, seguidamente incluídos em feldspato potássico. O feldspato potássico se apresenta como cristais subédricos, vez que outra com fina franja de albita tardia, um pouco argilizados. Raramente, ocorre sob a forma de megacristais. O quartzo aparece como grãos bem desenvolvidos, anédricos e subédricos, esparsos na rocha, ou sob a forma de cristais diminutos, intersticiais, representando a fase final de cristalização da sílica (quartzo tardio). Ocorre, também, como pequenos cristais subédricos incluídos nos megacristais de feldspato potássico. A biotita, de cor castanha, aparece como palhetas esparsas, um pouco cloritizada, associada a cristais euédricos de hornblenda verde (foto 4b). Os minerais acessórios compreendem epídoto, allanita, titanita, zircão e apatita, que se encontram, comumente, associados aos componentes máficos da rocha.

B - Hornblenda biotita álcali-feldspato granito.

Esta rocha é, composicionalmente, semelhante às descritas no item anterior, diferindo destas, acentuadamente, quanto a coloração e aspectos texturais. Ela apresenta uma coloração rosa (foto 4c), por vezes avermelhada, contrastando com a daquelas rochas, sempre em torno do cinza. Tem granulação grossa, é comumente maciça e equigranular. A olho nu, é constituída por feldspato róseo ou vermelho claro, quartzo e máficos disseminados. Ao microscópio, revela a seguinte composição: feldspato potássico, mesopertita, quartzo, plagioclásio, hornblenda, biotita e minerais acessórios.

O feldspato potássico e a mesopertita ocorrem como cristais em geral subédricos, aquele com pertitização mais ou menos intensa. Estão um pouco argilizados e, seguidamente, apresentam fina franja de albita pós-magmática.

O quartzo se apresenta como cristais geralmente bem desenvolvidos, intersticiais, pouco fraturados e, freqüentemente, com extinção ondulante.

O plagioclásio (albita a oligoclásio sódico) ocorre como cristais maiores, esparsos, com bordas irregulares, ou como cristais diminutos, com núcleos fortemente saussuritizados, incluídos em feldspato potássico ou em mesopertita. Sua cristalização é, aparentemente, anterior à dos feldspatos alcalinos.

A hornblenda, bastante escassa, ocorre como cristais subédricos, em geral mais ou menos cloritizados. A biotita, mais escassa ainda do que a hornblenda, aparece dispersa, como palhetas primárias, com bordas bastante corroídas.

Os acessórios compreendem allanita, sob a forma de cristais bem desenvolvidos, além de diminutos cristais de titanita, fluotita, zircão e opacos, todos associados geralmente aos componentes máficos.

C - Hornblenda biotita monzonito

De coloração cinza, granulação fina e estrutura maciça, esta rocha se apresenta constituída, a olho nu, por feldspato cinza, quartzo branco e máficos (biotita e, possivelmente, hornblenda) esparsos, contendo, muito eventualmente, megacristais de feldspato rosa de até 1cm de tamanho. Ao microscópio, mostra-se composta por: feldspato potássico, plagioclásio, quartzo, hornblenda, biotita castanha, clinopiroxênio e acessórios.

O feldspato potássico, como cristais anédricos e subédricos, é um dos constituintes principais da rocha, raramente se apresentando como megacristais. Está mais ou menos pertitizados e pouco argilizado. O plagioclásio, presente em quantidade mais ou menos equivalente à do feldspato potássico, se apresenta em geral zonado (com núcleos mais cálcicos), comumente pouco saussuritizado. O quartzo, em geral bastante límpido, é sempre intersticial, ocorrendo com teor em torno de 3%. A hornblenda e a biotita castanha perfazem cerca de 10% dos componentes da rocha, predominando, entre elas, a primeira. O clinopiroxênio (cerca de 1%) se encontra mais ou menos alterado para actinolita. Os componentes acessórios estão normalmente associados aos máficos, consistindo em apatita (predominante), allanita, opacos e zircão.

D - Afvedsonita álcali-feldspato granito.

Esta rocha, que ocorre no S do Granito Graciosa, aflorando na “estrada da Graciosa”, é de coloração cinza clara, com pontuações escuras, de granulação fina a média, equigranular, maciça, constituída macroscopicamente por feldspato cinza, quartzo límpido e máficos diversos, disseminados. Ao microscópio, apresenta-se composta por feldspato potássico mesopertítico, quartzo, anfibólio sódico, stülpnomelano (?), piroxênio e acessórios.

O feldspato potássico mesopertítico se apresenta como cristais inequigranulares, subédricos, não raro com fina franja albítica vez que outra com borda granofírica (foto 4d). Em geral, está muito pouco argilizado. O quartzo, como cristais subédricos a anédricos, aparece incluso nos cristais de feldspato potássico e preenche interstícios da rocha. O anfibólio sódico (arfvedsonita) ocorre como grãos subédricos, de bordas bastante irregulares. É sempre intersticial e apresenta forte pleocroísmo (do azul escuro ao cinza violáceo). O stilpnomelano(?) está presente como diminutos cristais de cor caramelo, aciculares ou fibro-radiados, associados ou não ao anfibólio sódico. O piroxênio ocorre como diminutos cristais anédricos, incolores, tardios, nas bordas do anfibólio.

3.2.1.4.3 - Geoquímica

Foram realizadas análises químicas de oito amostras do Granito Graciosa, figura 3.34, com determinação de elementos maiores, menores e ETR (apêndice1): quatro amostras de biotita ± hornblenda sienogranitos, uma de hornblenda biotita monzogranito, duas de hornblenda biotita álcali-feldspato granito e uma de arfvedsonita álcali-feldspato granito. Os índices químicos principais apresentam os seguintes valores para essas rochas, em função das análises realizadas:

	Biotita ± hornblenda sienogranitos	Hornblenda biotita monzonito	Hornblenda biotita álcali- feldspato granito	Arfvedsonita álcali-feldspato granito
SiO_2	70,52 a 73,09%	60,59%	72,07 a 73,40%	76,34%
$\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$	7,50 a 9,21%	8,54%	9,02 a 9,11%	9,02%
$\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$	1,14 a 1,41	0,94	1,20 a 1,25	1,02
IA	0,71 a 0,84	0,77	0,88 a 0,89	1,02
A/CNK	0,97 a 1,02	0,84	0,98 a 0,99	0,94
F/FM	0,71 a 0,78	0,75	0,85 a 0,86	0,99

Os índices correspondentes a quocientes que envolvem os álcalis indicam: o caráter metaluminoso dos biotita ± hornblenda sienogranitos, do hornblenda

biotita monzonito e do hornblenda álcali-feldspato granito, e peralcalino do arfvedsonita álcali-feldspato granito, todos mais potássicos do que sódicos, à exceção do hornblenda biotita monzonito (vide diagrama $K_2O \times Na_2O$, figura 3.36).

Na maior parte dos diagrama apresentados a seguir, as amostras referentes aos biotita $\pm$ hornblenda sienogranitos formam um “trend” bem definido, que denominar-se-á de “trend” 1. As amostras relativas às outras rochas do maciço alinham-se, aparentemente, num outro “trend”, que chamar-se-á de “trend” 2.

Nos diagramas óxidos x sílica, figura 3.35, Na_2O e K_2O tem comportamento indefinido no “trend” 1. No “trend” 2, Na_2O decresce entre 60-72% SiO_2 , elevando-se, a seguir, até o final da diferenciação; K_2O tem comportamento inverso. Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , MgO e TiO_2 correlacionam-se negativamente com a sílica nos 2 “trends”.

No diagrama $CaO \times Sr$, figura 3.36, ambos “trends” são ascendentes, sugerindo possíveis evoluções por cristalização fracionada de plagioclásio. No diagrama $Rb \times K_2O$, na mesma figura, o “trend” 1 se ajusta às 2 “tendências de Shaw”, enquanto que o “trend” 2 tem situação indefinida.

Os diagramas elementos menores x sílica, figura 3.37, evidenciam o comportamento compatível ou incompatível de referidos elementos, na evolução dos dois “trends”, com dispersão maior ou menor das amostras.

Nos diagramas da figura 3.38, relacionam-se elementos incompatíveis entre si ($Yb \times Y$ e $Yb \times Rb$) e elemento compatível com elemento incompatível ($Sr \times Rb$). Em conjunto, esses diagramas indicam cristalização fracionada como processo petrogenético atuante na evolução dos 2 “trends”.

Os diagramas $Rb \times (Y + Nb)$ e $Nb \times Y$, figura 3.39, revelam o caráter intraplaca do plutonismo representado pelo Granito Graciosa.

Os ETR foram dosados em todas as amostras dos dois “trends”. Os diagramas desses elementos normalizados aos condritos, referentes às quatro amostras do “trend” 1 (biotita $\pm$ hornblenda sienogranitos) constam na figura 3.40, em ordem crescente dos teores em SiO_2 nessas amostras, representando possíveis etapas de evolução magmática. Os principais índices de fracionamento e as anomalias negativas de Eu neste “trend” tem os seguintes valores:

Amostra	Ce _N /Yb _N	Ce _N /Sm _N	Gd _N /Yb _N	Eu/Eu*	SiO ₂ (%)
PK-010	14,37	4,08	1,80	0,64	70,52
PK-001	8,97	3,95	1,29	0,42	70,55
PK-011	14,27	4,53	1,56	0,35	73,09
PK-019b	9,42	3,74	1,35	0,27	73,02

Os ETRL estão moderadamente fracionados; os ETRP apresentam apenas ligeiro fracionamento. Aqueles e estes se comportam, na diferenciação, como elementos incompatíveis.

A abundância de ETR é semelhante nessas quatro amostras, caindo de cerca de 250 x condrito para o La a aproximadamente 15 x condrito para o Lu.

Na evolução representada por essas quatro amostras de biotita ± hornblenda sienogranitos atuou, provavelmente, uma só fase mineral (feldspato) capaz de modificar os espectros dos ETR. Subtraindo continuamente Eu dos “líquidos”, tal fase ocasionou, nestes, aumento de ETRL e ETRP.

Os principais índices de fracionamento e as anomalias negativas de Eu no “trend” 2, cujos diagramas de ETR constam nas figuras 3.41 e 3.42, tem os seguintes valores:

Amostra	Ce _N /Yb _N	Ce _N /Sm _N	Gd _N /Yb _N	Eu/Eu*	SiO ₂ (%)
PK-013	10,09	2,90	1,89	0,68	60,59
PK-019	8,15	3,03	1,58	0,20	72,07
PK-012	8,05	2,96	1,60	0,22	73,40
PK-019b	6,32	2,44	1,51	0,07	76,34

Nessas amostras, os ETR, no seu conjunto, e os ETRL se encontram moderadamente fracionados; os ETRP apresentam pequeno fracionamento.

Os espectros das amostras PK-019 e PK-012 são praticamente coincidentes.

A abundância de ETR nas quatro amostras é, como naquelas do “trend” 1, semelhante (exceto quanto a Eu), variando de cerca de 300 x condrito para o La a 20-40 x condrito para o Lu.

Feldspatos foram fases minerais importantes, que atuaram nos “líquidos”, nestes baixando o conteúdo em Európio e elevando os de ETRL e ETRP. Entre as etapas representadas pelas amostras (“líquidos”) PK-013 e PK-019 devem ter atuado acessórios, tais como allanita e zircão, que empobreceram os “líquidos” em ETRL e ETRP respectivamente.

Figura 3.35 - Diagramas óxidos x sílica (% em peso). *Granito Graciosa*. Biotita ± hornblenda sienogranito, esfera verde; hornblenda biotita monzonito, esfera vazada, vermelha; hornblenda biotita álcali-feldspato granito, triângulo azul; arfvedsonita álcali-feldspato granito, quadrado vermelho.

Figura 3.35 (continuação) - Diagramas óxidos x sílica (% em peso).
Granito Graciosa.

Figura 3.36 - Diagramas K_2O x Na_2O , A/CNK x SiO_2 , CaO x Sr e Rb x K_2O (óxidos em % em peso; elementos menores em ppm). *Granito Graciosa*. (Mesma legenda da figura 3.35)

Figura 3.37 - Diagramas elementos menores (ppm) x sílica (% em peso). *Granito Graciosa*. (Mesma legenda da figura 3.35)

Figura 3.38 - Diagramas que relacionam elementos incompatíveis entre si (Yb x Y, Yb x Rb) e elemento compatível com elemento incompatível (Sr x Rb). Elementos em ppm. *Granito Graciosa*. (Mesma legenda da figura 3.35).

Figura 3.39 - Diagramas Rb (Y+Nb) e Nb x Y, de Pearce et al., (1984) (elementos em ppm). *Granito Graciosa*. (Mesma legenda da figura 3.35).

Figura 3.40 - Diagramas de ETR normalizados aos condritos.
Amostras de biotita $\pm$ hornblenda sienogranitos. *Granito Graciosa*.

Figura 3.41 - Diagramas de ETR normalizados aos condritos. Amostras de hornblenda biotita monzonito (PK-013), hornblenda álcali-feldspato granito (PK-012, PK-019) e arfvedsonita álcali-feldspato granito (PK-006). *Granito Graciosa*.

Figura 3.42 - Diagrama de ETR normalizados aos condritos.
Todas amostras da figura 3.41. *Granito Graciosa*.

GRANITO GRACIOSA

Prancha Fotográfica 4

Foto 4a - Biotita $\pm$ hornblenda sienogranito cinza, porfirítico, maciço. Amostra PK-011, nº de ordem 25. Procedência: afloramento do vale do rio Cotia, $\pm$ 4 km a W de Cachoeira de Cima, Mun. Antonina, PR.

Foto 4b - Fotomicrografia com polarizadores paralelos (aumento 5x). Cristal euédrico de hornblenda verde, com diminutas inclusões de zircão e cristais mais ou menos grandes de titanita nos arredores; biotita $\pm$ hornblenda sienogranito. Amostra PK-001, nº de ordem 86. Procedência: afloramento junto à torre da EMBRATEL, extremo N do Granito Graciosa, $\pm$ 60 km a NE de Curitiba, PR.

Foto 4c - Hornblenda biotita álcali-feldspato granito rosa, equigranular, de granulação grossa, maciço. Amostra PK-012, nº de ordem 26. Procedência: afloramento do vale do rio Cotia (adjacente ao da foto 4a), $\pm$ 4 km a W de Cachoeira de Cima, Mun. Antonina, PR.

Foto 4d - Fotomicrografia com polarizadores cruzados (aumento 5x). Cristal de feldspato potássico mesopertítico, com borda granofírica; arfvedsonita álcali-feldspato granito. Amostra PK-006, nº de ordem 89. Procedência: afloramento da “estrada da Graciosa”, $\pm$ 35 km a E de Curitiba, PR.

a

b

c

d

3.2.1.5 - Granito Marumbi

3.2.1.5.1 - Aspectos gerais

Localizado justo a SSW do Granito Graciosa, com o qual provavelmente compunha, originalmente, um só maciço granítico, antes que este fosse seccionado por extensas falhas transcorrentes N45E, de deslocamento dextrógiro, o Granito Marumbi, figuras 3.33 e 3.34, é um corpo intrusivo de forma mais ou menos triangular, que ocupa uma área de aproximadamente 70 km², sendo ligeiramente alongado na direção NE-SW, segundo a qual mede cerca de 15 km.

Maack (1961) foi quem primeiro usou o termo Marumbi para denominar tal corpo intrusivo, chamando-o, precisamente, de “Granito do Pico Marumbi” ou “Granito da serra Marumbi”. Posteriormente, Cordani e Girardi (1967) preferiram designá-lo, simplesmente, de Granito Marumbi, expressão que, a seguir, passou a ser de uso corrente na literatura geológica.

O maciço tem um relevo fortemente montanhoso, formando a “serra do Marumbi”, de direção NE-SW e cujo ponto culminante está no pico de mesma designação, com 1.547 m de altitude. Possui grande cobertura vegetal.

O acesso ao corpo granítico pode ser feito através de duas vias de deslocamento: estrada de ferro da RFFSA, que liga Curitiba às cidades litorâneas de Morretes e Paranaguá, e que percorre as regiões N e E do maciço; através de rodovia secundária que, partindo da cidade de Piraquara, alcança alguns pontos das bordas SW e S do maciço. Em tais pontos, o corpo intrusivo tem sido explorado comercialmente, extraíndo-se blocos para serraria. Os produtos aí obtidos são granitos conhecidos pelas denominações de “Mel Paraná” (granito fino, cinza rosado ou cinza amarelado) (foto 5a), “Mel Paraná Extra” (granito fino, cinza amarelado, com pigmentação avermelhada) e “Colonial” (granito grosso, cinza acastanhado). Em 1990, atuavam quatro empresas nessa região do maciço, lavrando juntas em torno de 100 m³ de rocha/mês (MINEROPAR, 1990).

São conhecidos, como trabalhos principais sobre esse corpo granítico, aqueles de Maack (1961), Cordani e Girardi (1967) e Cordani et al.(1967).

O maciço faz limite, a W, através de extensa falha N45E, com granitóides deformados do Domínio Ribeira; e, a E, com gnaisses granulíticos do Domínio

Luís Alves. Tais limites nunca puderam ser observados diretamente, dada a grande perturbação tectônica que se verifica nas áreas dos mesmos.

O maciço contém, de acordo com Cordani e Girardi (1967), na sua região N, à altura da estação Engenheiro Lange, restos de teto da intrusão granítica.

3.2.1.5.2 - Caracterização petrográfica

As informações até aqui obtidas sobre o Granito Marumbi são sugestivas de que este é relativamente homogêneo, em contraste com a maior parte dos maciços graníticos da SMA. Os litotipos que o compõem são leucocráticos, equigranulares, de granulação comumente média, coloração habitualmente rosa clara ou cinza clara ligeiramente rosada, em geral maciços, constituídos, a olho nu, por feldspato e quartzo, tendo como único máfico, aparentemente, a biotita.

Ao microscópio, esses litotipos apresentam composição de biotita álcali-feldspato granito, sendo constituídos por feldspato alcalino mesopertítico (foto 5b), albita (cristais isolados), plagioclásio (oligoclásio), quartzo, biotita castanha (principal máfico), biotita verde, clorita e acessórios (fluorita, zircão e opacos). O feldspato alcalino mesopertítico forma, em parte, intercrescimentos granofíricos. A albita, em cristais isolados e límpidos, é em geral bastante rara. O quartzo é sempre anédrico, intersticial. O conteúdo em máficos, na rocha, é de cerca de 2%.

3.2.1.5.3 - Geoquímica

Foram analisadas somente três amostras do presente maciço granítico, figura 3.34, determinando-se nelas teores em elementos maiores, menores e ETR. Os índices químicos principais obtidos para essas amostras foram os seguintes:

Amostra	PK-015	PK-016	PK-024
SiO ₂	73,96%	75,03%	76,15%
Na ₂ O+K ₂ O	9,23%	8,86%	8,73%
K ₂ O/ Na ₂ O	1,32	1,34	1,31
IA	0,94	0,94	0,95
A/CNK	0,97	0,99	0,98
F/FM	0,89	0,95	0,96

Os biotitas álcali-feldspato granitos em pauta, em função destes resultados analíticos, são metaluminosos, mais potássicos do sódicos, com valores elevados do índice F/FM.

Nas figuras 3.43, 3.44, 3.45, 3.46 e 3.47, a seguir, apresenta-se vários diagramas de variação para o presente corpo granítico (incluindo dados de amostras dos maciços Dona Francisca e Pirai) que relacionam elementos maiores e menores determinados nas três amostras (PK-015, PK-016, PK-024).

Na figura 3.48, apresenta-se os diagramas de ETR destas três amostras, cujos índices para avaliação do fracionamento dos ETR e avaliação das anomalias negativas de Eu são os seguintes:

Amostra	Ce _N /Yb _N	Ce _N /Sm _N	Gd _N /Yb _N	Eu/Eu*	SiO ₂ (%)
PK-015	8,54	3,67	1,28	0,17	73,96
PK-016	4,97	3,18	1,00	0,09	75,03
PK-024	7,28	3,34	1,16	0,10	76,15

Tais índices indicam que o fracionamento dos ETR, no seu conjunto, e dos ETRL varia, nas amostras em pauta, de fraco a moderado, não tendo havido fracionamento dos ETRP. As anomalias negativas de Eu variam de grau moderado a forte.

A abundância aproximada dos ETR revela os seguintes valores extremos aproximados (para o lantânio e o lutécio):

Amostra	La	Lu
PK-015	450 x condrito	30 x condrito
PK-016	120 x condrito	20 x condrito
PK-024	250 x condrito	25 x condrito

Comparando-se todos os diagramas construídos para o presente maciço com aqueles atrás apresentados para o Granito Graciosa (com o qual o Granito Marumbi, supostamente, se ligava originalmente) verifica-se que as três amostras, PK-015, PK-16 e PK-024 se posicionam no “trend” 2 desse maciço (Graciosa), “trend” este cujos termos inicial e final estão representados, respectivamente, por hornblenda biotita monzonito e arfvedsonita álcali-feldspato granito.

O posicionamento das três amostras no “trend” 2 é bem próximo do final da evolução do mesmo, de modo que se teria, na diferenciação magmática de tal “trend”, a seguinte sucessão de “líquidos”:

hornblenda biotita arfvedsonita
álcali-feldspato granito $\Rightarrow$ álcali-feldspato granito $\Rightarrow$ álcali-feldspato granito

Permanecendo como tema interessante para investigação mais aprofundada, tal inserção de biotita álcali-feldspato granito no “trend” 2 do Granito Graciosa parece favorecer, de qualquer forma, o pensamento de Maack (1961) sobre o Granito Marumbi, definido por ele como de “tendência alcalina”.

Figura 3.43: Diagramas óxidos x sílica (% em peso). *Granito Marumbi* (biotita álcali-feldspato granito), quadrado vermelho; *Granito Dona Francisca* (microgranito e granito granofírico), esfera azul; *Granito Pirai* (granito granofírico e granito “alasquítico”), triângulo verde.

Figura 3.43 (continuação): Diagramas óxidos x sílica (% em peso). Maciços *Marumbi*, *Dona Francisca* e *Piraí*.

Figura 3.44: Diagramas K_2O x Na_2O , A/CNK x SiO_2 e Rb x K_2O . Maciços *Marumbi*, *Dona Francisca* e *Piraí*. (Mesma legenda da figura 3.43).

Figura 3.45: Diagramas elementos menores (ppm) x sílica (% em peso). Maciços Marumbi, Dona Francisca e Piraí. (Mesma legenda da figura 3.43).

Figura 3.46: Diagrama Rb x Ba x Sr (em ppm). Maciços *Marumbi*, *Dona Francisca* e *Piraí*. (Mesma legenda da figura 3.43).

Figura 3.47: Diagramas Rb x (Y+Nb) e Nb x Y, de Pearce et al. (1984) (elementos em ppm). Maciços *Marumbi* e *Pirai*. (Mesma legenda da figura 3.43).

Figura 3.48: Diagramas de ETR normalizados aos condritos. Amostras de biotita álcali-feldspato granito. *Granito Marumbi*.

Figura 3.49: Diagrama de ETR normalizados aos condritos. Amostra de microgranito (PK-114). *Granito Dona Francisca*.

Figura 3.50: Diagrama de ETR normalizados aos condritos. Amostra de granito “alasquítico” (PK-125). *Granito Pirai*.

GRANITO MARUMBI

Prancha Fotográfica 5

Foto 5a - Biotita álcali-feldspato granito cinza amarelado, de granulação fina, equigranular, maciço. Tipo comercial de granito conhecido pela denominação de “Mel-Paraná”. Amostra PK-024a, nº de ordem 97. Procedência: pequena pedreira da borda W do Granito Marumbi, a 13 km em linha reta a W de Morretes, PR.

Foto 5b - Fotomicrografia (aumento 2,5 x ; polarizadores cruzados). Feldspato alcalino mesopertítico com manto de albita; biotita como máfico principal. Amostra PK-015, nº de ordem 95. Procedência: afloramento em frente da estação Engenheiro Lange, da RFFSA, na borda N do Granito Marumbi.

a

b

3.2.1.6 - Granito Mandira

3.2.1.6.1 - Aspectos gerais

Sob a forma de um corpo aproximadamente retangular, direcionado segundo N40E, o Granito Mandira, figura 3.51, está localizado no Distrito de Itapitangui, Município de Cananéia, no extremo S do Estado do São Paulo. Segundo a direção de seu alongamento, mede cerca de 15 km, tendo largura que varia de 1 a 4 km, aproximadamente, com uma área total de mais ou menos 35 km². Tem relevo bastante acidentado, cujas formas mais proeminentes são conhecidas pelas denominações de: Serra do Acaraú, Serra do Mandira, Morro Boacica, Serra do Aleixo ou da Tassuva, Serra do Itapitangui e Serra do Arrepiado. Suas altitudes maiores ocorrem na Serra do Aleixo ou da Tassuva, estando próximas de 1.000 m.

O acesso à região do Granito Mandira é feito, comumente, pela estrada que liga Pariquera-Açu a Cananéia.

Como trabalhos anteriores, realizados especificamente nesse maciço granítico, registram-se aqueles desenvolvidos pelo IPT (vide capítulo 3), que foram seguidos pelos de Boin et al. (1982) e Oliveira (1989).

O termo Mandira diz respeito à serra e rio homônimos situados na extremidade S do maciço, sendo que a designação “Granito Mandira” deve-se a Morgental et al. (1975).

Quase inteiramente circundado por depósitos sedimentares inconsolidados do Cenozóico, o Granito Mandira, em raros pontos, faz contato direto com suas rochas encaixantes — migmatitos, granitóides foliados e xistos, contato este brusco, discordante, nitidamente intrusivo, de acordo com Oliveira (1989).

Diferentes granitóides compõem o maciço, que foram agrupados em três unidades faciológicas por Oliveira (1989):

- Unidade Acaraú
- Unidade Mandira
- Unidade Mandira 1.

Figura 3.51 - Mapa geológico do *Granito Mandira* e arredores.

A Unidade Acaraú corresponde a duas porções elipsoidais da extremidade SW do corpo intrusivo, alongadas na direção E-W. O termo Acaraú faz alusão à serra homônima. O contato entre tal unidade e o restante do corpo granítico é através de falhamentos E-W e N50W.

A Unidade Mandira abrange a maior parte do maciço, tendo formato, aproximadamente, de um elipsóide alongado na direção NE-SW.

A Unidade Mandira 1 corresponde a quatro corpos relativamente pequenos, dos quais três estão na periferia da Unidade Mandira e o quarto na parte central da Unidade Acaraú. Os contatos dessa unidade (Mandira 1), onde observados, são nítidos, através ou não de falhas.

Atingindo as três unidades faciológicas, muitas falhas seccionam o maciço, segundo três direções gerais: NE-SW, NW-SE e E-W. Diques de diabásio e veios de lamprófiros, brechas tectônicas, alasquitos, aplitos e microgranitos ocorrem associados a essas falhas em certos locais. Praticamente em todo o maciço, concentrando-se apenas em algumas regiões, ocorrem alterações tardi a posmagmáticas.

3.2.1.6.2 - Caracterização petrográfica

A - Unidade Acaraú

Esta unidade é constituída, essencialmente, por álcali-feldspato granitos com hastingsita, que são rochas de aspecto charnoquítico, em razão de sua coloração cinza esverdeada e estrutura maciça. A microscópio, mostram composição à base de ortoclásio pertítico e/ou mesopertítico e quartzo, que perfazem mais de 85% do total dos constituintes minerais das rochas. Outros componentes são: hastingsita (geralmente em quantidades inferiores a 5%), minerais opacos, zircão, albita, allanita, fluorita, esfalerita, stilpnomelano (?), riebeckita, apatita e calcita.

Em comparação às outras unidades componentes do Granito Mandira, esta é a que menos foi afetada por processos tardi e pós-magmáticos, traduzidos por presença de pertitas em geral do tipo “patch”, franjas albiticas no feldspato potássico e inclusões de pequenos cristais de albita neste mesmo mineral.

B - Unidade Mandira

Compõem esta unidade do Granito Mandira álcali-feldspato granitos com riebeckita, que são os litotipos mais abundantes no maciço. De coloração cinza clara, raramente rosa, creme ou cinza escura, são rochas de granulação em geral média a fina, isotrópicas, a não ser em zonas atingidas por cataclase, quando a textura se mostra, então, orientada a suborientada, como por exemplo naquela ao longo do rio Itapitangui. Ao microscópio, essas rochas apresentam composição em que mesoperita, ortoclásio perítico e quartzo perfazem mais do que 90% do total dos componentes minerais. Subsidiariamente, incluem: metassilicatos de sódio, dos quais o mais importante é a riebeckita. Esta ocorre como cristais com tamanho médio em torno de 2 mm, em geral subédricos, com hábito prismático, eventualmente acicular e com pontas corroídas. Não raro, está intercrescida com palhetas de biotita, na qual pode também estar inclusa.

Oliveira (1989) realizou análises químicas por microsonda eletrônica em alguns desses cristais de riebeckita, comprovando prévia determinação que fizera desse mineral por meios óticos. Trata-se de riebeckita altamente férrica que, como produto de alteração, pode apresentar: minerais opacos (+ hornblenda), carbonato, quartzo, biotita verde a castanha e argilo-minerais. Tais produtos se mostram não raro alinhados segundo a clivagem do anfibólio.

Como minerais acessórios, ocorrem nessas rochas: zircão, minerais opacos (magnetita) e fluorita, com presença constante, e esfalerita, biotita, mica branca ou verde clara, stilpnomelano, allanita e genthelvita, que aparecem eventualmente. Como minerais secundários, registra-se: albita neoformada, calcita, leucoxênio e hidróxidos de ferro.

De acordo com Oliveira (1989), os processos de alteração tardi a pós-magmática (albitizações) afetaram modestamente essas rochas, colocando-as, a esse respeito, em posição intermediária entre aquelas da Unidade Acaraú e da Unidade Mandira 1.

C - Unidade Mandira 1

Esta unidade do Granito Mandira é formada por biotita sienogranitos e biotita álcali-feldspato granitos, com ampla predominância daqueles sobre estes. Trata-se de rochas em geral de coloração rosa, cinza rosada ou cinza clara, com estrutura maciça, raramente suborientada. Ao microscópio, os biotita sienogranitos podem apresentar texturas inequigranular hipidiomórfica, granular hipidiomórfica, porfírica (em parte, rapakivi) e granofírica; os biotita álcali-feldspato granitos mostram textura seguidamente inequigranular hipidiomórfica. Os componentes minerais essenciais dessas rochas consistem em: mesopertita e/ou feldspato potássico pertítico, quartzo e plagioclásio (oligoclásio) por vezes albitizado. Como constituintes subsidiários, aparecem: biotita castanha a verde, mica verde clara e branca, sericita, turingita, carbonato, leucoxênio, epídoto, minerais opacos, zircão, fluorita, allanita e apatita.

Os processos de alteração tardi a pós-magmática afetaram mais a esta unidade de granitos do que às outras duas (Acará e Mandira). A intensidade de atuação desses processos, entretanto, foi bastante variada. A albitização, por exemplo, varia desde simples desenvolvimento de pertita “patch” e “chessboard” e franjas albíticas em mesopertitas, até a total substituição dos feldspatos preexistentes por albita, tornando-se a rocha um granito albitizado. Além de tal alteração por metassomatismo sódico, as rochas da presente unidade do Granito Mandira podem denotar efeitos de metassomatismo potássico (adularização) e de greisenização.

D - Rochas resultantes de alterações tardi e pós-magmáticas

Essas rochas consistem em três tipos distintos: 1 - granitos albitizados, resultantes, dominantemente, de metassomatismo sódico; 2 - metassomatitos quartzo-feldspáticos, produtos, principalmente, de metassomatismo potássico; 3 - greisens, que resultam, preponderantemente, de processo de greisenização.

Os granitos albitizados são de cor branca ou cinza clara, em geral maciços e de granulação média a fina. Ao microscópio, revelam que a textura original do granito foi pouco modificada. Como componente mineral essencial apresentam albita; e, como outros componentes, biotita, turingita, sericita, fluorita, zircão, minerais opacos, allanita, carbonato e óxido de ferro.

Os metassomatitos quartzo-feldspáticos são de coloração cinza mais ou menos escura, maciços, de granulação fina. Ao microscópio, exibem textura heterogranoblástica a blastogranular hipidiomórfica e a composição seguinte: feldspato potássico (adulária ou microclínio), quartzo, turingita, biotita verde a castanha, mica branca, albita e acessórios (stilpnomelano, carbonato, leucoxênio, granada, esfalerita, magnetita, ilmenita, fluorita, apatita e zircão).

Os greisens se assemelham aos metassomatitos quartzo-feldspáticos, quanto a aspectos referentes a cor, estrutura e granulação. Ao microscópio, mostram textura sempre do tipo heterogranoblástica, resultante do arranjo de megacristais principalmente de quartzo subédrico a anédrico, com bordas corroídas, imersos em agregado de granulação fina de sericita e quartzo. Além desses componentes minerais, incluem: mica branca, biotita verde a castanha, albita, adulária (?) e acessórios — esfalerita, zircão, fluorita, allanita e opacos (magnetita, ilmenita, galena, pirita e calcopirita). Vênulas de adulária e quartzo ou, mais raramente, de albita ou de carbonato ou, ainda, unicamente de quartzo, aparecem cortando essas rochas.

O teor de sulfetos nesses greisens pode ser elevado.

3.2.1.7 - Granito Guaraú

3.2.1.7.1 - Aspectos Gerais

O Granito Guaraú, figura 3.52, é um maciço granítico localizado no distrito de Cajati, município de Jacupiranga, extremo S do Estado de São Paulo. Com uma forma irregular, alongada na direção NE-SW, onde mede cerca de 25 km, o maciço tem uma área total de aproximadamente 100 km². Seu relevo, bastante acidentado, compreende as serras do Cadeado, da Anta Gorda e do Guaraú, entre outras, onde as altitudes mais elevadas são da ordem de 1.000-1.300 m. Sua cobertura vegetal é intensa.

O único acesso ao maciço, precisamente à sua borda ocidental, é feito pela rodovia BR-116, sendo que inexistem, praticamente, vias que penetrem no interior do corpo granítico.

Figura 3.52 – Mapa geológico do *Granito Guaraú* e arredores.

O termo Guaraú, utilizado originalmente por Morgental et al. (1975) para denominar o presente maciço, provém da serra e rio homônimos.

A literatura geológica registra, como únicos trabalhos realizados especificamente nesse maciço granítico, aqueles do IPT (vide capítulo 3) e de Oliveira et al. (1987).

Os limites do maciço com suas encaixantes são ora intrusivos, ora tectônicos. Tais encaixantes consistem em: rochas xistosas, a N e numa estreita faixa a W; rochas gnaissóides blastomiloníticas, a W; migmatitos estromatíticos e gnaisses biotíticos e/ou anfibolíticos, a E; granitóide foliado, parcialmente blastomilonitizado, a S.

De acordo com Oliveira et al. (1987), duas unidades faciológicas constituem o presente maciço, denominadas por tais autores de:

- Unidade Desemborque
- Unidade Azeite

A Unidade Desemborque é a mais extensa, correspondendo às porções N (Serra do Guaraú) e central (Serra da Anta Gorda) do maciço. A Unidade Azeite se estende na parte S do corpo granítico (constituindo a Serra do Cadeado). Tanto uma quanto outra unidade foram afetadas, em vários locais, por processos de alteração tardi a pós-magmática (greisenização e metassomatismo sódico). Diques de granitos pórfiros e, ocasionalmente, intrusões de diabásio e de lamprófiro ocorrem, principalmente, na Unidade Desemborque.

3.2.1.7.2 - Caracterização petrográfica.

A - Unidade Desemborque

Esta unidade é constituída por biotita sienogranitos de coloração em geral cinza clara, equigranulares, de granulação média a fina, normalmente maciços. Ao microscópio, esses litotipos mostram textura granular hipidiomórfica a xenomórfica, porfiróide, “mortar” ou granofírica, sendo constituídos por mesopertita,

ortoclásio pertítico, quartzo, plagioclásio (oligoclásio), minerais máficos e acessórios.

Os cristais de mesopertita apresentam, geralmente, finas franjas albiticas, sendo que cristais de albita isolados, límpidos, também ocorrem, comumente no contato entre grãos de mesopertita. Os máficos, que perfazem menos de 5% do total dos componentes minerais, compreendem biotita castanha e verde e mica verde clara (possivelmente, flúor-litinífera). Como acessórios, ocorrem opacos, zircão, fluorita, allanita, turingita e stilpnomelano (?).

B - Unidade Azeite

Biotita álcali-feldspato granitos compõem essa unidade, apresentando-se como rochas de coloração rósea, equigranulares, de granulação média a grossa, com estrutura maciça. Microscopicamente, revelam textura granular hipidiomórfica, raramente do tipo granofírica, e a composição seguinte: mesopertita (+ albita), quartzo, máficos e minerais acessórios, além de minerais secundários.

Os máficos, em quantidade inferior a 5% do total de constituintes minerais, consistem em biotita castanha e verde e mica verde clara (possivelmente flúor-litinífera). Os acessórios compreendem opacos (magnetita e/ou ilmenita), allanita, zircão (parcialmente metamictizado), fluorita e turingita. Entre os componentes secundários, destacam-se sericita, filossilicatos castanho-alaranjados (associados à allanita) e hidróxidos de ferro.

De um modo geral, essa unidade foi bastante afetada por processos de albitização precoce, denunciados por feições características — pertitas do tipo “patches” e localmente do tipo “chessboard”; franjas albiticas por vezes do tipo “swapped rims” entre cristais de mesopertita contíguos, etc.

C - Rochas resultantes de alterações tardi a pós-magmáticas

Granitos albitizados, metassomatitos quartzo-feldspáticos e greisens são os litotipos que, como no Granito Mandira, se formaram no Granito Guaraú, como

resultado de processo de alterações tardi a pós-magmáticas, que incidiram tanto na Unidade Desemborque quanto na Unidade Azeite.

Os granitos albitizados são rochas em geral de composição intermediária entre mica quartzo greisen e sienogranito, que ao microscópio mostram textura granular hipidiomórfica modificada e uma composição à base de quartzo e albita, esta se desenvolvendo sob a forma de pseudomorfose sobre cristais de mesopertita. Cristais de plagioclásio intensamente albitizados e parcialmente sericitizados ocorrem nos interstícios da rocha, sendo que cristais de albita, límpidos, podem ser observados nas bordas das mesopertitas. Como acessórios, estão presentes opacos, zircão e fluorita.

Os metassomatitos quartzo-feldspáticos são rochas de coloração cinza, maciços, de granulação fina, que mostram, ao microscópio, textura heterogranoblástica e uma composição formada por quartzo, albita, mica verde clara, mica branca e clorita, além de acessórios — ilmenita, zircão, leucoxênio e sulfetos (pirita e calcopirita).

Os greisens associados à Unidade Desemborque são litotipos de coloração cinza clara a escura, com granulação milimétrica a submilimétrica, que se apresentam, ao microscópio, constituídos por quartzo, biotita verde e castanha, mica verde clara e branca e minerais acessórios (zircão, fluorita, topázio, esfalerita e cassiterita). Muito semelhantes a tais litotipos, os greisens ligados à Unidade Azeite podem apresentar, entretanto, localmente grande concentração de sulfetos (esfalerita, calcopirita, pirita, calcocita e covelita).

D - Granitos pórfiros

Em vários locais do interior do Granito Guaraú e nas encaixantes desse maciço, há diques, bolsões e pelo menos um possível “stock” de granitos pórfiros (Oliveira et al., 1987). Os diques tem direção NNW-SSE, constituindo, juntamente com os bolsões, em corpos de dimensões bastante reduzidas em geral métricas (?). O possível “stock” tem, aproximadamente, 0,5 km² de área, correspondendo a uma estrutura circular.

Trata-se de rochas de coloração cinza escura a rosa, de textura porfirítica, com matriz afanítica a fanerítica fina, onde estão inseridos megacristais milimétricos de feldspato alcalino, quartzo (geralmente bipiramidal) e raramente plagioclásio (oligoclásio) e biotita. Além de feldspato alcalino e quartzo, que formam, seguidamente, intercrescimentos granofíricos, a matriz contém opacos, zircão e biotita; eventualmente, esfalerita, plagioclásio, titanita, clorita, allanita, epidoto e stilpnomelano.

Um dos corpos dessas rochas, localizado justo a E do Granito Guaraú, é constituído por um aegirina ortoclásio álcali-feldspato granito pórfiro.

3.2.1.8 - Granito Corupá.

3.2.1.8.1 - Aspectos Gerais.

O Granito Corupá, figuras 3.53 e 3.54, o mais meridional dos maciços graníticos da SMA, é um pequeno corpo intrusivo com forma de “bumerangue”, situado justo a NE da cidade homônima do Estado de Santa Catarina. Sua denominação deve-se a Albuquerque et al. (1971), que usaram originalmente a expressão “Granito Alcalino de Corupá”, que evoluiu para “Granito Corupá”, de uso corrente na literatura geológica.

Com uma área total de aproximadamente 50 km², o maciço tem uma largura média de 2,5 km e cerca de 18 km de comprimento. Seu relevo, bastante acidentado, compreende vários morros alinhados, na metade S da intrusão, segundo a direção NE-SW, e, na metade N da intrusão, segundo a direção N-S. As altitudes dos pontos culminantes dessas elevações estão próximas de 1.000-1.200 m.

O acesso às diferentes regiões do maciço tem sido dificultado pela escassez de vias de penetração. Por outro lado, além deste, outros fatores tem prejudicado o conhecimento desse corpo granítico, destacadamente sua grande cobertura vegetal, bem como cobertura frequente por depósitos coluvionares.

O maciço é contornado quase inteiramente por rodovia secundária que passa pelas localidades de Corupá, Ribeirão Grande e Santa Luzia. Desta rodovia, partem poucas outras, além de alguns caminhos e trilhas, que se dirigem ao centro da intrusão, avançando, entretanto, até altitudes de cerca de 300 m.

Não há registro, na literatura geológica, de trabalhos realizados especificamente sobre esse maciço granítico. No trabalho pioneiro de Albuquerque et al. (1971), ele foi mapeado na escala 1:250.000. Posteriormente, constou em mapas de diferentes escalas, das quais a maior foi 1:50.000 (mapa elaborado por Daitx, 1979c), permanecendo seu nível do conhecimento, entretanto, praticamente o mesmo daquele levantamento pioneiro.

Alojado em rochas gnáissico-granulíticas do Domínio Luís Alves e condicionado principalmente a importante falha NE-SW relacionada ao gráben de Corupá, o maciço rodeia o flanco S/SE da bacia vulcano-sedimentar de Campo

Figura 3.53 - Mapa geológico do *Granito Corupá* e arredores.

Figura 3.54 - Mapa de localização de amostras analisadas. *Granito Corupá*.

Alegre, com cujos depósitos faz contatos ao longo de alguns trechos. A SE, confronta, através da referida falha, com as sequências que preenchem o gráben de Corupá.

A presença frequente de depósitos coluvionares em torno de corpo intrusivo tem dificultado o estudo dos contatos deste com suas encaixantes, contatos que, além do tipo brusco, por falha, incluem provavelmente o tipo brusco, intrusivo.

Compõem, o maciço, litologias de composições graníticas, quartzo-sieníticas e sieníticas, todas leucocráticas, equigranulares, de granulação média a grossa. Aparentemente, predominam, entre as mesmas, as de composições sieníticas e quartzo sieníticas.

Considerando-se a distribuição dos afloramentos e matacões visitados, ao longo de todo o maciço, deduz-se que, provavelmente, as litologias graníticas dominam nas áreas mais internas — áreas de mais forte relevo, enquanto que as sieníticas e quartzo sieníticas nas áreas mais externas (bordas) — áreas de relevo mais desgastado do corpo intrusivo. Tal situação (provável) se assemelha à que ocorre no Granito Anhangava, em que há claro controle litológico do modelado do relevo: rochas graníticas em posição interna e sieníticas e quartzo sieníticas em posição marginal no maciço, correspondendo, respectivamente, a regiões menos e mais afetadas por processos erosivos.

3.2.1.8.2 - Caracterização petrográfica

As rochas componentes do Granito Corupá consistem em arfvedsonita álcali-feldspato granitos, arfvedsonita quartzo sienitos com aegirina e faialita e hornblenda $\pm$ clinopiroxênio sienitos.

Os arfvedsonita álcali-feldspato granitos são rochas de coloração rosa pálida, maciças, equigranulares, de granulação média, constituídas, a olho nu, por feldspato alcalino, quartzo e máfico verde escuro, prismático, disseminado. Ao mi-

croscópio, mostram-se compostos por: feldspato alcalino, sob a forma de cristais subédricos, pertíticos, um pouco turvos; quartzo, em grãos anédricos, francamente intersticiais; anfibólio (arfvedsonita), em geral como cristais relativamente largos, com pleocroísmo de azul profundo até bege; aegirina (muito rara), esparsa, como cristais pequenos, tardios; minerais acessórios (apatita, zircão, fluorita).

Os arfvedsonita quartzo sienitos com aegirina e faialita se apresentam como litologias de cor cinza clara esverdeada, maciços, equigranulares, de granulação média, compostos, macroscopicamente, por feldspato, muito pouco quartzo e máficos prismáticos ou pontuais disseminados. Ao microscópio, mostram-se formadas por feldspato alcalino pertítico, plagioclásio, clinopiroxênio, hornblenda verde, arfvedsonita, aegirina, biotita, faialita e acessórios (opacos, fluorita, apatita).

Ocorrendo, frequentemente, como grandes matacões vez que outra seccionados visando exploração comercial, os hornblenda $\pm$ clinopiroxênio sienitos são rochas de cor rosa clara, mais raramente cinza clara com manchas escuras e róseas, maciças, equigranulares, de granulação grossa. Ao microscópio, revelam-se constituídas por feldspato potássico pertítico, plagioclásio zonado, hornblenda verde, anfibólio fibroso (tardio), clinopiroxênios (cálcico e sódico-cálcico), biotita e acessórios (opacos, zircão e apatita). Eventualmente, essas rochas se apresentam de granulação fina (PK-131), praticamente isentas de quartzo e mais ricas em plagioclásio (oligoclásio cálcico), este se apresentando quase sempre como núcleos irregulares, pintalgados de sericita, totalmente manteados por feldspato alcalino.

3.2.1.8.3 - Geoquímica

Foram realizadas análises químicas em sete amostras do Granito Corupá, figura 3.54, que abrangem todas as litologias identificadas nesse maciço granítico. Determinaram-se, nessas análises, elementos maiores, menores e ETR, estes somente em quatro das sete amostras (apêndice 1).

Os índices químicos principais, calculados para essas amostras, apresentam os seguintes valores ou variações:

	Hornblenda $\pm$ clinopiroxênio sienito fino	Hornblenda $\pm$ clinopiroxênio sienito grosso	Arfvedsonita quartzo sienito com aegirina e faialita	Arfvedsonita álcali-feldspato granito
SiO ₂	56,96%	62,68 a 63,03%	63,39%	74,89 a 75,04%
Na ₂ O+K ₂ O	9,17%	10,98 a 11,32%	10,93%	8,30 a 8,85%
K ₂ O/Na ₂ O	0,73	1,01 a 1,11	0,99	0,93 a 1,04
IA	0,85	0,91 a 0,95	1,01	1,02 a 1,05
A/CNK	0,76	0,87 a 0,88	0,89	0,88 a 0,91
F/FM	0,73	0,85 a 0,87	0,94	0,95 a 0,99

Evidencia-se, por estes dados, o caráter metaluminoso dos hornblenda clinopironênio sienitos fino e grosso e peralcalino dos arfvedsonita quartzo sienito com aegirina e faialita, e arfvedsonita álcali-feldspato granito. Os valores de K₂O/Na₂O indicam litotipos ora mais potássicos, ora mais sódicos. O valor de F/FM cresce continuamente, de 0,73, no hornblenda $\pm$ clinopiroxênio sienito fino, até atingir o valor extremo de 0,99 no arfvedsonita álcali-feldspato granito.

Da análise dos diagramas que relacionam óxidos x sílica, figura 3.55, elementos menores x sílica, figura 3.56, e Al₂O₃ x CaO, Al₂O₃ x TiO₂ e Ba x Sr, figura 3.57, deduz-se que todas as rochas em pauta são provavelmente comagmáticas, integrantes de um único “trend”, à exceção do hornblenda $\pm$ clinopiroxênio sienito fino, que pertence a outro “trend” (do qual é a única litologia representante).

Nos diagramas Rb x (Y + Nb) e Nb x Y, figura 3.58, revela-se o tipo intraplaca do plutonismo representado pelo Granito Corupá. Na mesma figura, o diagrama Rb x Ba x Sr mostra a distribuição dos dados ao longo do “trend” de diferenciação de El Bouseily e El Sokkary (1975).

Na figura 3.59, constam os diagramas de ETR normalizados aos condritos, referentes a quatro amostras do presente maciço. Os índices para avaliação

do fracionamento desses elementos e das anomalias negativas de Eu nessas amostras revelam os valores seguintes:

Amostras	Ce _N /Yb _N	Ce _N /Sm _N	Gd _N /Yb _N	Eu/Eu*	SiO ₂ (%)
PK-131	10,31	3,67	2,41	0,65	56,96
PK-128	9,88	3,24	1,95	1,00	62,97
PK-126	14,30	4,25	2,07	0,12	67,39
PK-129	1,55	2,13	0,70	0,05	74,89

A abundância aproximada dos ETR nessas amostras, apresenta os seguintes valores extremos (para o La e para Lu):

Amostra	La	Lu
PK-121	420 x condrito	25 x condrito
PK-128	170 x condrito	13 x condrito
PK-126	1000 x condrito	50 x condrito
PK-129	400 x condrito	150 x condrito

Os espectros de ETR referentes às amostras PK-128, PK-126 e PK-129, que pertencem a um mesmo “trend”, são reapresentados num único diagrama, figura 3.60. Numa hipótese, bastante provável, de evolução desse “trend” por cristalização fracionada, a fase mineral principal, atuante no “líquido” mais primitivo (PK-128) seria feldspato (plagioclásio, provavelmente também feldspato potássico), que empobreceria gradualmente os “líquidos” sucessivos em Eu, aumentando nestes os conteúdos em ETRL e ETRP. Bem ao final da diferenciação, atuaria provavelmente allanita, empobrecendo os “líquidos” residuais em ETRL, até chegar-se ao espectro da amostra PK-129 (74,89% SiO₂), quase plano (Ce_N/Yb_N = 1,55), com forte anomalia negativa de Eu (Eu/Eu* = 0,05).

Tal tipo de evolução se assemelharia àquele descrito no Granito Agudos (“trend” das unidades Palmito 1 e Serra do Tronco) em que, partindo-se de um espectro de ETR bastante fracionado, chegou-se, ao final, a um espectro próximo do

tipo “gaivota”, caracterizado este por pronunciada anomalia negativa de Eu e pequenos valores de Ce_N/Yb_N , Ce_N/Sm_N e Gd_N/Yb_N .

Figura 3.55: Diagramas óxidos x sílica (% em peso). *Granito Corupá*. Hornblenda ± clinopiroxênio sienito fino, triângulo lilás; hornblenda ± clinopiroxênio sienito grosso, quadrado meio vazado azul; arfvedsonita quartzo sienito com aegirina e faialita, esfera verde; arfvedsonita álcali-feldspato granito, quadrado vermelho.

Figura 3.56: Diagramas elementos menores (ppm) x sílica (% em peso). *Granito Corupá*. (Mesma legenda da figura 3.55)

Figura 3.57: Diagramas Al_2O_3 x CaO, Al_2O_3 x TiO_2 e Ba x Sr (óxidos em % em peso; elementos menores em ppm). *Granito Corupá*. (Mesma legenda da figura 3.55)

Figura 3.58: Diagramas Rb x (Y+Nb) e Nb x Y, de Pearce et al. (1984), e Rb x Ba x Sr (elementos em ppm). *Granito Corupá*. (Mesma legenda da figura 3.55).

Figura 3.59: Diagramas de ETR normalizados aos condritos. Amostras de hornblenda $\pm$ clinopiroxênio sienito fino (PK-131), hornblenda $\pm$ clinopiroxênio sienito grosso (PK-128), arfvedsonita-quartzo sienito com aegirina e faialita (PK-126) e arfvedsonita álcali-feldspato granito (PK-129). *Granito Corupá*.

Figura 3.60: Diagrama de ETR normalizados aos condritos. Amostras PK-128, PK-126 e PK-129. *Granito Corupá*.

GRANITO CORUPÁ

Prancha Fotográfica 6

Foto 6a - Hornblenda $\pm$ clinopiroxênio sienito de cor rosa clara, granulação grossa, maciço, equigranular. Amostra PK-132, nº de ordem 82. Procedência: pedreira abandonada da localidade de Grota Funda, a $\pm$ 4 km a NW de Santa Luzia, Mun. de Jaraguá do Sul, SC.

Foto 6b - Arfvedsonita álcali-feldspato granito de cor rosa pálida, granulação média, estrutura maciça, equigranular. Amostra PK-130, nº de ordem 80. Procedência: matacão de encosta de morro, a $\pm$ 3 km a NNE de Corupá, SC.

Foto 6c - Fotomicrografia com polarizadores paralelos (aumento 2,5 x). Aspecto geral de arfvedsonita quartzo sienito com aegirina e olivina, onde são vistos piroxênio verde claro (aegirina-augita) e anfibólios de cores variadas (verde até azul), correspondentes a termos cálcicos até sódicos, vendo-se também quartzo e feldspato alcalino turvo. Amostra PK-126, nº de ordem 77. Procedência: afloramento à beira de estrada, $\pm$ 2 km a NNE de Corupá, SC.

Foto 6d - Fotomicrografia com polarizadores paralelos (aumento 2,5 x). Aspecto geral da textura de arfvedsonita álcali-feldspato granito, com quartzo, feldspato alcalino turvo e riebeckita (azul escuro). Amostra PK-129, nº de ordem 15. Procedência: grande matacão seccionado, junto a estrada, a $\pm$ 10 km a NNW de Santa Luzia, Mun. de Jaraguá do Sul, SC.

a

b

c

d

3.2.1.9 - Granito Alto Turvo

O Granito Alto Turvo, figura 3.61, é um dos menos conhecidos maciços graníticos da SMA. Tendo uma parte situada no Estado do Paraná (município de Guaraqueçaba), outra no Estado de São Paulo (município de Barra do Turvo), apresenta uma forma irregular, alongada na direção NE-SW, segundo a qual mede cerca de 30 km, tendo uma área de aproximadamente 120 km². Coberto, de modo geral, por intensa vegetação, tem relevo relativamente montanhoso, com altitudes mais elevadas da ordem de 1300-1500m.

A única via de acesso ao maciço é a rodovia BR-116, que passa junto à borda N do corpo intrusivo.

A literatura geológica não registra nenhum estudo específico sobre essa manifestação plutônica da SMA. O pouco que se sabe sobre a mesma é fruto, principalmente, de mapeamentos geológicos em escalas regionais (1:250.000, 1:100.000, 1:50.000) das folhas cartográficas que a contem (Trein et al., 1970 apud Lopes Júnior et al., 1977; Melcher et al., 1971; Cordani et al., 1971; Melcher et al., 1973; Algarte et al., 1974; Morgental et al., 1975; Lopes Júnior et al, op. cit.; Silva, 1981a, b, c). Inicialmente, ela foi designada de “Maciço Alto Turvo” (Cordani e Bittencourt, 1967). No mapa elaborado por Train et al. (op. cit.), para a Comissão da Carta Geológica do Paraná, foi referida entretanto como “Granito Rio Pardi-
nho”; e, a seguir, finalmente, como “Granito Alto Turvo” (Cordani et al., 1971), designação esta que passou a ser correntemente usada na literatura geológica.

O maciço é discordante, em grande parte, das estruturas regionais NE-SW, fazendo contato, a N, principalmente com gnaisses e migmatitos do Domínio Ribeira; a W, sobretudo com os granitóides deformados deste domínio; e, a S e E, com gnaisses granulíticos do Domínio Luís Alves.

As descrições feitas, até o presente, dos litotipos componentes dessa intrusão granítica, dão conta de que estes correspondem a hornblenda biotita granitos de coloração cinza clara ou cinza clara rosada, equigranulares, comumente isótropos, de granulação em geral grossa, que se apresentam, ao microscópio, constituídos por feldspato alcalino perítico, plagioclásio (albita e oligoclásio) subordinado, quartzo, hornblenda verde e biotita castanha, além de minerais de alteração (clorita,

epídoto e sericita) e acessórios (titanita, allanita, lencoxênio, fluorita, zircão, apatita e opacos). Tais litotipos se encontram bastante cataclásticos nas proximidades das falhas que seccionam ou limitam o maciço.

Junto à extremidade SW desse corpo plutônico, ocorre um expressivo enxame de diques ácidos, constituídos por granito pórfiro, microgranito e granófiro. Orientados, na sua maior parte, segundo N30-50E, esses diques tem extensão variando aproximadamente entre 1 e 4 km e largura de algumas dezenas até poucas centenas de metros, estando alojados nos gnaisses granulíticos, nos granitóides deformados e no próprio Granito Alto Turvo.

Figura 3.61 - Mapa geológico do *Granito Alto Turvo* e arredores.

3.2.1.10 - Granito Dona Francisca e Granito Pirai.

3.2.1.10.1 - Aspectos Gerais e Caracterização Petrográfica.

Esses maciços graníticos da SMA, respectivamente figuras 3.62 e 3.63, localizados no NE do Estado de Santa Catarina (município de Joinville), são corpos ígneos de forma aproximadamente circular (o primeiro) e irregular, alongada segundo NE-SW (o segundo), tendo aquele cerca de 70 km² e este aproximadamente 45 km² de área. Ambos foram identificados por ocasião de mapeamento geológico em escala 1:250.000 (Albuquerque et al., 1971), quando foram denominados de “Granito Alaskítico de Dona Francisca” e “Granito Alaskítico de Pirai”. Aquele e parte deste segundo maciço foram mapeados, posteriormente, na escala 1:100.000 (Daitx, 1979c).

Ambos maciços são constituídos por granitos hololeucocráticos - o Granito Dona Francisca, por microgranito, granito granofírico e granófiro; o Granito Pirai, por granito granofírico e granito “alaskítico”. Tais litotipos são comumente de coloração rosa clara, isótropos, de granulação fina (foto 7a), compostos essencialmente por feldspatos alcalinos (feldspato potássico e albita) e quartzo, tendo menos de 1% de componentes máficos (clorita verde, mica branca, epidoto) e, como acessórios, titanita, fluorita e opacos. Destacam-se, como feições texturais típicas desses litotipos, intercrescimentos granofíricos (entre feldspato alcalino e quartzo), presentes em maior ou menor grau de intensidade (fotos 7b e 7c).

3.2.1.10.2 - Geoquímica

Duas amostras de cada um desses maciços foram analisadas quimicamente, determinando-se nelas teores de elementos maiores, menores e ETR. Os pontos referentes a essas análises estão plotados nos mesmos diagramas preparados para o Granito Marumbi, figuras 3.43, 3.44, 3.45, 3.46 e 3.47, à exceção daqueles referentes aos ETR (determinados em uma amostra de cada um dos maciços), que são apresentados nas figuras 3.49 e 3.50.

Nos diagramas que relacionam elementos maiores contra sílica, evidencia-se, principalmente, o seguinte: em comparação ao biotita álcali-feldspato granito do Maciço Marumbi, os litotipos hololeucocráticos dos maciços Dona Francisca e Pirai apresentam teores mais baixos de Na_2O e CaO , bem como teores mais elevados de K_2O , Fe_2O_3 , MgO e TiO_2 . Todas as amostras destes dois maciços são mais potássicas do que sódicas.

Nos diagramas que relacionam elementos menores e SiO_2 , destaca-se o seguinte: comparados, ainda, com o biotita álcali-feldspato granito do Granito Marumbi, os litotipos em pauta das intrusões Dona Francisca e Pirai são mais empobrecidos em Rb e Y, e mais enriquecidos em Sr e Ba.

No diagrama triangular Rb x Ba x Sr, figura 3.46, os pontos referentes aos dois maciços estão em posição correspondente à dos “granitos normais”, segundo El Bouseily e El Sakkary (1975), enquanto que nos diagramas de Pearce et al. (1984), figura 3.47, estão no campo dos granitos intraplaca.

Os diagramas de ETR normalizados aos condritos, de cada um dos dois maciços (Dona Francisca, Pirai), figuras 3.49 e 3.50, mostram espectros coincidentes, caracterizados principalmente pelo seguinte: ETRP não fracionados (padrão plano); moderados fracionamento de ETRL e anomalia negativa de Eu; abundância em ETR, para o La e Lu, correspondentes, respectivamente, a cerca de 250 x condrito e 20 x condrito.

Figura 3.62 - Mapa geológico do *Granito Dona Francisca* e arredores.

Figura 3.63 - Mapa geológico do *Granito Pirai* e arredores.

GRANITO DONA FRANCISCA

Prancha Fotográfica 7

Foto 7a - Granófiro cor de rosa, maciço. Amostra PK-113, nº de ordem 84. Procedência: matacão de uma encosta, junto ao rio Cubatão (região N do maciço granítico).

Foto 7b - Fotomicrografia com polarizadores cruzados (aumento 2,5 x). Albita idiomórfica (prismática) com manto de feldspato alcalino, circundado por intercrescimentos granofíricos; microgranito. Amostra PK-114, nº de ordem 24. Procedência: afloramento à beira de estrada, junto ao rio Cubatão (região NW do maciço granítico).

Foto 7c - Fotomicrografia com polarizadores cruzados (aumento 2,5 x). Pequeno cristal de feldspato alcalino (centro da foto) com intercrescimentos granofíricos em volta; granito granofírico hololeucocrático. Amostra PK-112, nº de ordem 83. Procedência: matacão de uma encosta (região NW do maciço granítico).

a

b

c

3.2.1.11 - Granito Serra Alta

Este pequenino corpo granítico da SMA foi assinalado, pela primeira vez, por Trainini (1974), em afloramentos junto à rodovia que liga Corupá a São Bento do Sul, a aproximadamente 10 km a S desta cidade. O corpo tem forma aparentemente ovóide, com área de aproximadamente 3 km². Ocorre associado a rochas vulcânicas ácidas (riolitos e traquitos) (Daitx, 1979c; Daitx e Carvalho, 1980). O litotipo que o compõe aflora, em geral, com acentuada alteração intempérica, coloração rosa ligeiramente esverdeada, sendo leucocrático, equigranular, de granulação média. Macroscopicamente, se mostra formado por feldspatos, quartzo e componente máfico, este sob a forma em geral de agulhas, dispersas ou formando agregados radiais. Ao microscópio, revela-se constituído por mesopertita, quartzo, plagioclásio (muito raro) e anfibólio (riebeckita), além de minerais de alteração e acessórios (esfeno e opacos), podendo ser classificado como riebeckita álcali-feldspato granito.

3.2.1.12 - Granito Serra da Igreja

De forma irregular, alongada na direção geral NE-SW, o Granito Serra da Igreja, figura 3.64, é uma massa ígnea com cerca de 20 km de comprimento e largura média em torno de 3 km, com mais ou menos 60 km² de área. Ele está situado nos municípios paranaenses de Morretes e Guaratuba, sendo, provavelmente, o mais desconhecido dos maciços graníticos da SMA, em virtude, sobretudo, de sua densa cobertura vegetal e da inexistência, praticamente, de vias de acesso ao mesmo.

O maciço foi mapeado nas escalas 1:70.000 (Muratori et al., 1969) e 1:100.000 (Daitx, 1979d; Daitx e Carvalho, 1980), quando foi considerado como formado por “granito subalcalino”. Entretanto, análise petrográfica de uma amostra coletada na região central do corpo ígneo, por ocasião dos levantamentos do Projeto RADAMBRASIL, revelou composição de riebeckita álcali-feldspato granito (Coitinho e Fernandes, 1982).

O maciço está relacionado a quatro sistemas principais de falhas: N10-20 E, N50-60 E (direção coincidente com a de alongamento do maciço), em torno de N80E e de N50W, mantendo relacionamento, também, com a bacia vulcano-sedimentar de Guaratubinha, localizada justo a W e SW, e com os diques ácidos que ocorrem junto ao bordo NW de referida bacia. Tais relações, entre massas ígneas e elementos estruturais, examinadas no capítulo a seguir, são um ponto de apoio importante, posto que bastante claras, para o entendimento da evolução tectono-magmática da SMA no final dos tempos do Neoproterozóico.

Figura 3.64 - Mapa geológico do *Granito Serra da Igreja* e arredores.

3.2.2 - Diques ácidos e manifestações vulcânicas

Conforme já foi visto em itens anteriores, os diques ácidos da SMA são corpos que tem ampla distribuição geográfica, estando concentrados, entretanto, em três áreas: 1 - em torno da bacia de Campo Alegre; 2 - junto ao flanco NW da bacia de Guaratubinha; 3 - a S do Granito Alto Turvo. A possança desses corpos pode variar desde poucos metros até várias dezenas de metros (?). Sua extensão, desconhecida em torno da bacia de Campo Alegre, alcança vários ou poucos quilômetros, respectivamente, nas proximidades da bacia de Guaratubinha e a S do Granito Alto Turvo.

Compõem tais corpos rochas que tem sido descritas como microgranitos, riolitos, traquitos, felsitos, granófiros e quartzo pórfiros. Leucocráticas, não raro hololeucocráticas, essas rochas tem coloração vermelho-carne ou cinza avermelhada, são equi ou inequigranulares, de granulação fina ou afanítica, com texturas dos tipos porfirítica, microgranular, granofírica ou esferulítica. Naquelas com textura porfirítica, os megacristais são de ortoclásio róseo (1 a 10mm) e quartzo hialino seguidamente bipiramidal (1 a 5mm), raramente de plagioclásio cinza esbranquiçado ou de minerais máficos cloritizados.

Daitx e Carvalho (1980) descreveram, na região em torno da bacia de Campo Alegre, diques com espessura maior do que aquela habitualmente apresentada por tais corpos nesta região, com certa diferenciação quanto a cor, granulometria e textura: rochas mais escuras, de granulação mais fina, com textura fluidal ou esferulítica junto à borda dos diques, passando a rochas de granulação mais grossa, em geral granulares, nas porções centrais desses corpos intrusivos.

Não há dados, na literatura geológica, quanto à composição química de tais corpos.

Quanto às manifestações vulcânicas da SMA, verificou-se, atrás, que elas podem ocorrer de duas distintas maneiras: 1 - em íntima associação com um maciço granítico (Granito Morro Redondo); 2 - entremeadas a depósitos sedimentares (casos das ocorrências das seqüências vulcano-sedimentares das bacias de Campo Alegre e Guaratubinha e do gráben de Corupá). As manifestações ligadas

ao Granito Morro Redondo e aquelas da bacia de Campo Alegre e do gráben de Corupá são predominantemente ácidas:

Manifestações ligadas ao Granito Morro Redondo:

- Vulcânicas ácidas: riolitos afaníticos (ou vítreos), riolitos faneríticos finos, riolitos pórfiros e riolitos com textura fluidal.
- Vulcânicas intermediárias: andesitos e andesito-basaltos afaníticos ou muito finos, equi a inequigranulares.
- Vulcânicas básicas: basalto afanítico ou de granulação fina, raramente inequigranular com textura porfírica.

Manifestações ligadas à bacia de Campo Alegre:

- Diferentes tipos texturais de riolitos, traquitos e quartzo-traquitos; felsitos, felsófiros, traqui-andesitos, dacitos, meláfiro, bem como rochas piroclásticas diversas (tufos, aglomerados, brechas, etc.).

Manifestações ligadas ao gráben de Corupá:

- Vulcânicas ácidas diversas, principalmente quartzo pórfiro, além de basaltos, meláfiro e piroclásticas (tufos ácidos, principalmente).

As manifestações da bacia de Guaratubinha foram originalmente descritas como correspondentes a lavas ácidas (principalmente, diferentes tipos de riolitos) e intermediárias (andesitos e traquitos) (Fuck et al., 1976b). Investigações realizadas mais recentemente nesta bacia evidenciaram, entretanto, que os depósitos da mesma consistem predominantemente (90%) de vulcânicas e vulcanoclásticas de composição ácida e intermediária (Castro et al., 1994).

No que se refere à composição química das vulcânicas da SMA, há dados somente quanto às ligadas ao Granito Morro Redondo e à bacia de Guaratubinha, como frutos das investigações desenvolvidas, respectivamente, por Góis (1995) e Castro et al. (1994).

Góis (1995), com base na relação entre elementos químicos incompatíveis (Zr, Ce, Hf, La, Nb e Zr), no padrão de ETR e na paragénes mineral de riolitos e granitos da área do Maciço Morro Redondo (Unidade Papanduvás), chegou a evidências da vinculação genética entre essas rochas, não tendo obtido evidências conclusivas, entretanto, quanto à ligação entre riolitos e basaltos dessa mesma área.

As amostras de riolitos e granitos analisadas mostraram altos teores em SiO_2 , $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$, Fe_2O_3 , F, Zr, Nb, Y e Th, bem como baixas concentrações em CaO, MgO, Al_2O_3 , Ba e Sr, características similares, conforme registra referido autor, “dos granitos tipo - A”, atestando “o caráter alcalino-peralcalino destas rochas”.

Castro et al. (1994), com dados de elementos maiores e traços, obtiveram evidências da cogeneticidade de riolitos e andesitos da bacia de Guaratubinha, como por exemplo similaridade das razões Nb/Y e dos padrões de distribuição de ETR, mostrando riolitos mais exauridos em Eu e levemente mais enriquecidos em ETRP.

3.3 – Geocronologia

Os dados geocronológicos relativos às manifestações magmáticas da SMA (maciços graníticos e derrames vulcânicos) totalizam, presentemente, pouco menos de 170 determinações, obtidas por diferentes métodos, e praticamente todas elas no Centro de Pesquisas Geocronológicas da Universidade de São Paulo (CPGeo-USP). No conjunto de dados, predominam as datações Rb-Sr em rocha total, das quais 70 constam do trabalho de Siga Júnior (1995), e 50 outras foram acrescentadas através do presente trabalho. Do estudo de Siga Júnior (op.cit.) ainda constam 17 determinações K-Ar, 24 determinações de frações multigrãos de zircão, bem como 4 determinações Sm-Nd em rocha total.

O apêndice 2 inclui os dados analíticos completos das determinações Rb-Sr efetuadas pelo autor. Como todas as análises foram efetuadas no CPGeo-USP, o autor remete a Siga Júnior (1995) para a caracterização das metodologias empregadas, e das referências aos trabalhos anteriores, cujos resultados já foram por ele comentados. Neste apêndice, estão também os dados analíticos das determinações Rb-Sr incluídas por Siga Júnior (op.cit.) para as rochas granitóides da SMA, e que serão reinterpretados nos diagramas isocrônicos deste capítulo.

Todas as isócronas aqui apresentadas foram obtidas por regressão segundo Williamson (1968), e os respectivos erros se referem ao intervalo de confiança de 95% (critério 2σ).

No quadro seguinte, 3.1, apresenta-se uma síntese dos dados relevantes obtidos ou relatados por Siga Júnior (1995), referentes aos métodos U-Pb em zircão, K-Ar em anfibólios ou biotitas e Sm-Nd (idades modelo T_{DM}) em rocha total.

Quadro 3.1 – Determinações radiométricas K-Ar, U-Pb e Sm-Nd nas rochas graníticas da SMA (para localização das amostras, vide Siga Júnior, 1995).

Maciço	K-Ar			U-Pb		Sm-Nd		
	AMOSTRA	MINERAL	IDADE(M.a.)	(Zircão, intersepto superior)		(rocha total)		
				AMOSTRA	IDADE (M.a.)	AMOSTRA	$\epsilon_{Nd(580)}$	$T_{DM}(M.a)$
Agudos	MJ-17	ANF	585 $\pm$ 24	MJ-132	594 $\pm$ 26	MJ-132	-12,69	2085
	MJ-17	BIO	541 $\pm$ 28					
Morro Redondo	MJ-441A	ANF	565 $\pm$ 20	MJ-659	589 $\pm$ 37	MJ-275B	-7,38	1978
Anhangava	MJ-288B	BIO	549 $\pm$ 17	_____	_____	MJ-291C	-7,50	1852
Graciosa	MJ-292C	BIO	587 $\pm$ 11	MJ-640	594 $\pm$ 64	_____	_____	_____
	MJ-640	BIO	569 $\pm$ 11					
	MJ-300	BIO	519 $\pm$ 13					
Corupá	MJ-166	ANF	533 $\pm$ 21	MJ-163D	580 $\pm$ 6	MJ-163A	-12,20	1942
	PK-CW-61	ANF	523 $\pm$ 20					
Serra da Igreja	MJ-405C	ANF	589 $\pm$ 27	_____	_____	_____	_____	_____
	MJ-405C	BIO	594 $\pm$ 26,					
Marumbi	MO-133	ANF	577 $\pm$ 36	_____	_____	_____	_____	_____
	MO-56E	BIO	564 $\pm$ 29					
	MO-161	BIO	496 $\pm$ 35					
Alto Turvo	3/2016	BIO	630 $\pm$ 20	_____	_____	_____	_____	_____

A caracterização geocronológica esboçada a seguir pretende dar suporte ao modelo tectono-magmático sugerido pelo autor no presente trabalho. Frisa-se, entretanto, que todos os métodos radiométricos empregados possuem limitações interpretativas, inerentes à própria natureza do par radioativo-radiogênico utilizado, e de sua mobilidade nos diversos ambientes geoquímicos a que estiveram associados durante a evolução das respectivas rochas. Rochas vulcânicas ácidas, em especial, costumam apresentar grandes dificuldades interpretativas em razão de alterações hidrotermais ou intempéricas que ocorrem após sua formação. Por sua vez, rochas granitóides se formam em episódios complexos, por vezes de longa duração, e os maciços graníticos raramente se apresentam como intrusões simples, devidas a um só episódio de cristalização magmática.

No presente trabalho, verificou-se que considerável parte dos maciços graníticos da SMA é constituída por granitóides que apresentam importantes variações faciológicas, as quais representam sistemas químicos diferentes. Não há como verificar se e quando algumas das variações observadas poderiam ser partes diferenciadas do mesmo corpo intrusivo, ou se tratar-se-ia de corpos intrusivos diferentes, cristalizados em épocas sucessivas. Ao mesmo tempo, não há como verificar se determinadas regiões aparentemente homogêneas de muitos maciços não poderiam ser integradas por inúmeros corpos intrusivos contíguos, formados a partir de uma mesma fonte magmática, mas durante certo intervalo de tempo.

O problema relativo à interpretação geocronológica em maciços granitóides complexos, e notadamente no que se refere ao método Rb-Sr, foram abordados por Vlach e Cordani (1986), para o caso do Maciço de Morungaba, SP. Nesse trabalho, os citados autores evidenciaram a grande dificuldade de caracterizar como estritamente cogenéticas as amostras de conjuntos de rochas graníticas, mesmo as de grande afinidade química, e mesmo as provenientes de um só afloramento. Ao que parece, em muitos casos, os magmas granitóides não conseguem uma homogeneização completa para os isótopos de Sr, possivelmente como reflexo de misturas incompletas de materiais diferentes, na fonte, ou na assimilação de materiais crustais. Com isto, a caracterização de uma "razão inicial Sr^{87}/Sr^{86} "

para um magma granítico torna-se complicada, bem como a obtenção de isócronas de boa qualidade, com seus pontos perfeitamente colineares.

No caso das manifestações magmáticas da SMA, e utilizando praticamente o mesmo acervo de dados geocronológicos, Siga Jr. (1995) já havia caracterizado o período entre 600 e 570 M.a. para a formação das rochas graníticas de "natureza alcalina-peralcalina", bem como para o vulcanismo associado às bacias de Campo Alegre e Guaratubinha. O esforço do presente autor, ao acrescentar 50 datações adicionais pelo método Rb-Sr, foi o de tentar identificar, através de isócrona Rb-Sr de amostras dos mesmos afloramentos, a época de alguns episódios de cristalização, e se possível com certa precisão.

Infelizmente, no momento, não há datações disponíveis para a SMA com a precisão que seria desejável. Com uma única exceção, de uma determinação U-Pb em zircões de um granitóide do maciço de Corupá, cuja precisão foi de cerca de 1%, todas as demais mostraram erros experimentais de aproximadamente 4 a 6%, o que significa incertezas analíticas da ordem de 20 a 30 milhões de anos para o final do Neoproterozóico. Isto torna impraticável qualquer tentativa de se estabelecer alguma seqüência interna para o episódio tectono-magmático da SMA focalizado neste trabalho. Para o futuro, deverão ser buscadas determinações em cristais isolados de zircão, de amostras escolhidas, e possivelmente datações Ar40/Ar39 em anfibólios e micas.

3.3.1 – Análises Rb-Sr

Sobre estas análises, serão efetuados alguns comentários específicos, a seguir, de preferência associados com as determinações novas, efetuadas pelo autor, e reinterpretando, quando for o caso, resultados já incluídos e comentados por Siga Jr. (1995). Por outro lado, cabe observar que de uma maneira geral continuam válidos os comentários e interpretações aventados por aquele autor.

3.3.1.1 – Granito Agudos

Para este maciço granítico, os melhores resultados referentes ao método Rb-Sr provêm da pedreira Sepamar, situada na parte norte da intrusão (Unidade Serra do Tronco), de cujas amostras foi construída a figura 3.65. Trata-se do afloramento PK-061, com amostras muito favoráveis, ricas em Rb (mais de 200 ppm) e relativamente pobres em Sr (sempre abaixo de 80, e algumas vezes com cerca de 5 ppm). A isócrona resultante, de qualidade aceitável, apresenta idade de 558 ± 9 M.a., com $R_0 = 0,7089 \pm 0,0030$.

A figura 3.66 reúne amostras de vários afloramentos de rochas pertencentes à Unidade Piador-Cabral, coletadas entre as localidades de Agudos do Sul e Tujicas do Sul, incluindo a amostra VG-227, proveniente do S do maciço. A característica principal destas amostras é a quantidade de Sr elevada, sempre superior a 130 ppm, e chegando em alguns casos a superar 1000ppm. A melhor reta traçada pelos pontos analíticos pode ser considerada uma isócrona de referência. Seu valor, de 579 ± 5 M.a., com $R_0 = 0,7054 \pm 0,0001$, é pouco superior ao do afloramento PK-061. Tentativas de refinamento interpretativo deste conjunto de dados Rb-Sr levou à construção de dois diagramas isocrônicos adicionais. Um deles, utilizando as amostras dos afloramentos MJ-109 e MJ-128, ambas coletadas por O. Siga Júnior próximas a Agudos do Sul, forneceu idade aparente de 591 ± 58 M.a., com $R_0 = 0,707 \pm 0,001$ e $MSWD = 0,63$. O outro, utilizando as amostras restantes, forneceu idade aparente de 573 ± 5 M.a., com $R_0 = 0,7054 \pm 0,0001$ e $MSWD = 3,77$.

Os resultados acima pouco esclarecem quanto a possíveis diferenças de idade, mas evidenciam possível variação na razão inicial das amostras MJ-109 e MJ-128, indicando materiais diferentes e não estritamente cogenéticos.

Do quadro 3.1, podem ser considerados concordantes os resultados obtidos pelo método U-Pb em zircão (594 ± 26 M.a.) em rocha da Unidade Serra do Tronco (região N do maciço) e pelo método K-Ar (585 ± 24 M.a.) na amostra MJ-17 da Unidade Piador-Cabral (região centro-oeste da intrusão). Considerando-se que a idade isocrônica (figura 3.66) também se apresenta concordante, dentro do erro analítico, parece lógico considerar que grande parte das rochas componentes do Granito Agudos se formaram durante curto período de tempo, por volta de 580 ± 20 M.a.

O caso do afloramento PK-061 deve ser tratado com os devidos cuidados. É possível que a idade de 558 ± 9 M.a. represente, de fato, uma época mais nova de formação de rochas (Unidade Serra do Tronco). Entretanto, a razão inicial mais elevada ($R_0 = 0,709$) em rochas relativamente pobres em Sr, faz com que não se exclua a hipótese de rejuvenescimento com re-homogeneização isotópica de Sr nas amostras do afloramento PK-061, durante uma fase posterior de reaquecimento do maciço, com mobilização química de Rb e Sr.

Mobilizações posteriores à formação das rochas do maciço são confirmadas pelos resultados aparentes de uma isócrona mineral de três pontos, utilizando os dados constantes em Siga Júnior (1995), e obtida em biotita, anfíbólio e rocha total da amostra MJ-17. A idade resultante, de 443 ± 27 M.a., indica rejuvenescimento associado a hidrotermalismo durante ajustes tectônicos regionais tardios.

3.3.1.2. – Granito Morro Redondo

Vários afloramentos deste maciço foram amostrados para datações Rb-Sr em rocha total. Entretanto, o conjunto de dados resultantes não permite uma interpretação inequívoca a respeito da formação e evolução do corpo intrusivo. A figura 3.67 inclui pontos analíticos de três afloramentos da porção SE do maciço (Unidade Quiriri), proximidades de Garuva. Caracteristicamente, as rochas se apresentam ricas em Rb, e com teores de Sr variando entre 35 e 70 ppm. Na figura, os pontos analíticos apresentam enorme dispersão motivada, sem dúvida, por mobilidade química de Rb e Sr em épocas posteriores à formação das rochas. Evitando-se pontos muito fora de alinhamento, pode ser obtida uma reta de ajuste

passando próxima dos pontos PK-120a, PK-120j, PK-120n e CW-66, que corresponderia a uma idade de 632 ± 30 M.a., com razão inicial $R_0 = 0,702$. Por sua vez, a figura 3.68 inclui vários afloramentos da região N do maciço, cuja característica principal é o conteúdo baixo em Sr, em geral abaixo de 40 ppm. Os pontos estão muito dispersos com relação à reta de melhor ajuste; e, se forem descartados aqueles claramente não alinhados, pode ser obtida uma idade aparente de 604 ± 9 M.a., com $R_0 = 0,7137 \pm 0,0016$.

Cabe assinalar que, no caso do Granito Morro Redondo, Siga Júnior (1995) obteve uma idade U-Pb em zircão de 589 ± 37 M.a. em amostra da região central do maciço (Unidade Quiriri), bem como uma idade aparente K-Ar (anfibólio) de 565 ± 20 M.a. em outra amostra, desta feita da região N do maciço.

Considerando-se todos os erros experimentais envolvidos nos diversos métodos, bem como a incerteza dos dados Rb-Sr, também para o caso do Granito Morro Redondo uma idade "preferencial" de 580 ± 20 M.a. não parece fora de propósito.

3.3.1.3. – Granito Graciosa

Apesar de terem sido analisadas muitas amostras (25) provenientes deste maciço pelo métodos Rb-Sr, os diagramas isocrônicos resultantes mostraram-se de interpretação muito difícil, de modo que todos os dados foram incluídos no diagrama da figura 3.69. Com exceção de quatro amostras localizadas na região S do maciço, nas proximidades da estrada da Graciosa, com conteúdo em Sr entre 400 e 600 ppm, todas as demais se mostraram relativamente homogêneas, com teores de Rb entre 100 e 200 ppm, e teores de Sr entre 80 e 300 ppm.

A figura 3.69 mostra grande dispersão, sendo viável apenas observar a tendência das amostras e sua relação com uma isócrona de referência de 585 ± 11 M.a. e $R_0 = 0,7076 \pm 0,0002$. Dos cálculos foram excluídas as amostras PK-012a, PK-012c e PK-012f, obviamente fora da tendência principal ao alinhamento, e também as amostras MJ-297 e MJ-298.3, coletadas por O.Siga Júnior na região S do maciço, ao longo da estrada da Graciosa, e que representam material claramente diferente, com R_0 mais baixo, da ordem de 0,705.

Cabe observar que uma datação U-Pb em zircão obtida por Siga Jr. (1995) em amostra da parte setentrional do maciço mostrou-se pouco precisa, com valor de 594 ± 64 M.a., enquanto que três datações K-Ar em biotitas, de diferentes partes do maciço, apresentaram idades aparentes discordantes, a mais antiga delas com 587 ± 11 M.a..

Uma vez mais, a atribuição de uma idade "preferencial" de 580 ± 20 M.a. para caracterizar o maciço parece viável.

3.3.1.4 – Granito Anhangava

Tentativas de datação pelo métodos Rb-Sr deste maciço granítico foram efetuadas em dois afloramentos, inicialmente por Siga Júnior (1995) em uma amostra (MJ-291) da borda W da intrusão (Unidade Serra da Boa Vista); e, em seguida, no presente trabalho, em amostra da parte central da intrusão (Unidade Serra do Baitaca) (PK-020). As do afloramento MJ-291 possuem teores elevados em Rb, bem acima de 200 ppm, e teores em Sr entre 60 e 110 ppm; aquelas do afloramento PK-020 apresentam menores teores de Rb (entre 130 e 230 ppm) e teores baixos de Sr, sempre inferiores a 30 ppm.

A figura 3.70, referente ao afloramento MJ-291, apresenta grande dispersão dos pontos, e uma reta de ajuste correspondente a uma idade de 610 ± 26 M.a., com $R_0 = 0,7177 \pm 0,0080$. Por sua vez, a figura 3.71, relativa ao afloramento PK-020, corresponde a uma isócrona de 520 ± 30 M.a., com $R_0 = 0,7085 \pm 0,0040$.

O ponto PK-020g representa um dique de aplito intrusivo no afloramento PK-020, e a idade calculada desta amostra (utilizando-se $R_0 = 0,705$) é de 536 ± 16 M.a. . Cabe assinalar que uma idade aparente K-Ar em biotita obtida na parte ocidental do maciço (ver quadro 3.1) resultou em 549 ± 17 M.a., correspondendo ao último resfriamento do sistema abaixo de 250°C .

Com relação aos demais maciços intrusivos, este de Anhangava é o primeiro em que aparecem evidências de sistemas formados em épocas sensivelmente diferentes, e também o primeiro em que, aparentemente, a razão inicial de uma de suas rochas (MJ-291) parece ser extremamente elevada, indicando formação a partir de fusão crustal.

Também no caso deste maciço, como foi discutido para o Granito Agudos, não pode ser excluída a hipótese de rejuvenescimento com re-homogeneização isotópica de Sr nas amostras do afloramento PK-020, durante uma fase posterior de reaquecimento do maciço, com mobilização química de Rb e Sr.

3.3.1.5 – Granito Corupá

Dispõe-se, para o Granito Corupá, de 14 amostras já registradas por Siga Júnior (1995), provenientes das regiões central e S do maciço. A essas foi acrescentada uma datação do afloramento PK-129, de sua região N.

Siga Júnior (1995) apresentou um diagrama isocrônico restrito aos afloramentos MJ-163 e MJ-164, da parte N do maciço, resultando numa idade aparente de 550 ± 26 M.a., com $R_0 = 0,707 \pm 0,0001$ e $MSWD = 1,34$. Entretanto, se todas as amostras analisadas forem consideradas (figura 3.72), a reta de ajuste corresponde a uma idade menor, de 500 ± 10 M.a., com $R_0 = 0,7099 \pm 0,0002$ e $MSWD = 28,0$. Deve ser considerado que as amostras são provenientes de diferentes afloramentos, a reta de referência traçada no diagrama indicando apenas uma tendência. Por outro lado, os valores aparentes jovens deste maciço são confirmados pelas idades aparentes K-Ar obtidas em dois anfibólitos das partes N e S do corpo intrusivo (quadro 3.1).

Siga Júnior (1995) obteve, em amostra do afloramento MJ-163 da parte centro-norte desta intrusão, uma idade U-Pb em zircão. O resultado, 580 ± 6 M.a., é o que apresenta maior precisão dentre todas as datações geocronológicas da SMA, e deve representar a cristalização magmática da rocha em questão. Verifica-se imediatamente que, mesmo que os valores obtidos pelos métodos Rb-Sr e K-Ar sejam menos precisos, e além disso apresentem dúvidas quanto ao seu valor interpretativo, há uma diferença importante, da ordem de 40 M.a. ou mais entre um episódio formador de rochas e um possível episódio de aquecimento acima de 500°C , com redistribuição de estrôncio e escape de argônio de anfibólitos. Possivelmente seja esta a melhor evidência geocronológica para uma evolução tectônica complexa da SMA, após os episódios principais de formação e alojamento das rochas granitóides.

3.3.1.6 Maciços Dona Francisca, Pirai, Serra da Igreja, Marumbi, Alto Turvo, Guaraú e Mandira

Os dados geocronológicos referentes a estes maciços são muito escassos. A figura 3.73 apresenta os poucos dados existentes pelo métodos Rb-Sr e sua posição em relação à isócrona de referência da pedreira Sepamar (PK-061) do Granito Agudos. Os pontos relativos às amostras dos maciços Pirai e Dona Francisca apresentam teores de Rb da ordem de 140 ppm, e teores de Sr próximos de 50 ppm. Os demais representam amostras ricas em Rb (acima de 200 ppm) e pobres em Sr (abaixo de 20 ppm), típicas de sistemas fortemente diferenciados no sentido do polo alcalino.

O exame da figura 3.73 não permite interpretações inequívocas a respeito das possíveis correlações de idade, em vista de possíveis diferenças nas razões iniciais do Sr; e, também, em vista de possíveis imprecisões nas determinações de Sr total nas rochas com baixos teores neste elemento.

As idades aparentes K-Ar desses maciços também pouco esclarecem, sendo digno de nota o valor aparentemente anômalo (em relação aos demais do quadro 3.1) da biotita da amostra 3/2016, do Granito Alto Turvo. Interessante notar, também, os valores concordantes obtidos em anfibólio e biotita da amostra MJ-405C, do Granito Serra da Igreja, por volta de 590 M.a..

3.3.2 - Análises K-Ar

No quadro 3.1 apresenta-se o conjunto de dados K-Ar existentes até o presente para a SMA, já comentados individualmente durante a discussão dos itens apropriados. Apreciados em conjunto, verifica-se imediatamente que dois valores aparentes destoam em relação aos demais: aqueles das biotitas da amostra 3/2016 (aparentemente muito elevado) e da amostra MO-161 (aparentemente muito baixo). Quanto aos demais, os valores mais elevados e próximos de 580 M.a. (anfibólios MO-133, MJ-17, MJ-441A e MJ-405C, bem como as biotitas M-O56E, MJ-292C, MJ-640 e MJ-405C) são concordantes, dentro do erro experimental, com aqueles dos métodos Rb-Sr e U-Pb em zircões, e podem representar o resfriamento sucessivo à própria cristalização das rochas magmáticas.

Por outro lado, os demais resultados, entre 520 e 540 M.a., poderiam significar episódios de rejuvenescimento isotópico, ocorridos em função de reaquecimento dos materiais durante episódios tectônicos ou tectono-magmáticos posteriores à formação dos sistemas.

3.3.3 – Análises Sm-Nd

Apenas quatro análises pelo método Sm-Nd se fazem disponíveis para as rochas granitóides da SMA, todas elas apresentadas por Siga Jr. (1995). Embora nada possam revelar em relação à época do alojamento das mesmas, as análises são significativas quanto à origem do material intrusivo, visto que os valores de $\epsilon_{Nd(580)}$, todos eles negativos, indicam participação de material crustal pré-existente na constituição dos magmas graníticos. Além disso, os valores de T_{DM} , entre 1850 e 2100 M.a. (ver quadro 3.1) sugerem duas possibilidades: a primeira delas poderia ser uma refusão total de material crustal de idade transamazônica para a geração dos corpos granitóides. A segunda, que o presente autor considera mais provável, seria uma assimilação, por parte dos magmas do Neoproterozóico, de material crustal arqueano da região do Cráton de Luís Alves, contendo apreciável quantidade de terras raras.

3.3.4 – Conclusões

Considerando-se todas as informações sobre datações radiométricas obtidas até o presente a respeito das manifestações ígneas da SMA, bem como as relações de campo que estas mantém entre si e com os depósitos sedimentares correlatos, chega-se às seguintes conclusões possíveis:

- O plutonismo predominantemente ácido e granítico da SMA parece apresentar um episódio maior de formação de rochas, por volta de 580 Ma, representado pelos maiores e alguns dos menores maciços – Agudos, Morro Redondo, Graciosa, Corupá (parcialmente), Anhangava. Pouco ou nada pode ser mencionado sobre a possível duração deste plutonismo em cada maciço, em virtude da escassez de dados disponíveis e, particularmente, de sua baixa precisão.

- Possivelmente, ocorreu (ocorreram) outra(s) fase(s) de formação de rochas, por volta de 560-540 Ma, acompanhada(s) de aquecimento e rejuvenescimento dos materiais anteriormente formados.

- O vulcanismo das bacias de Campo Alegre e Guaratubinha, bem como do gráben de Corupá seria, pelo menos em parte, penecontemporâneo das manifestações plutônicas mais jovens da SMA. Tal conclusão se aproxima daquela a que chegou Siga Júnior (1995), ao focalizar o problema da possível equivalência temporal entre plutões graníticos e rochas vulcânicas de referidas bacias vulcano-sedimentares.

- A atividade ígnea fissural, evidenciada pelos numerosos diques de rochas ácidas dessa região, é posterior aos depósitos vulcano-sedimentares e aos maciços graníticos. A única análise disponível para aquele conjunto de rochas ácidas, do dique de aplito PK-020g encaixado no Granito Anhangava, resultou na idade calculada de 540 M.a. .

- As razões iniciais $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, na maioria dos diagramas isocrônicos apresentados, não apresentam a necessária precisão para interpretações seguras, em vista das dúvidas existentes quanto à cogeneticidade das amostras, bem como quanto à sua geoquímica Rb/Sr, com razões geralmente elevadas. Nas figuras apresentadas, os valores normalmente apresentam-se próximos de 0,707, com exceção daqueles extremamente elevados da figura 3.70, relativa à borda W do Granito Anhangava (Unidade Serra da Boa Vista) e da figura 3.68, referente à região N do Granito Morro Redondo. Valores entre 0,705 e 0,710 normalmente indicam misturas de material mantélico juvenil com material crustal pré-existente. Esta possibilidade é também sugerida pelas poucas análises Sm-Nd disponíveis no momento.

- As datações K-Ar mais significativas parecem confirmar a época próxima de 580 Ma para a formação de muitas das rochas graníticas, e a existência de possíveis episódios de aquecimento posteriores, até pelo menos por volta de 520 M.a..

3.65 - Diagrama isocrônico Rb-Sr do afloramento PK-061 (pedreira Sepamar, Unidade Serra do Tronco) do Granito Agudos.

3.66 - Diagrama isocrônico Rb-Sr de rochas da Unidade Piador-Cabral, na região central do Granito Agudos.

3.67 - Diagrama isocrônico Rb-Sr de rochas da Unidade Quiriri, região sul-oriental do Granito Morro Redondo.

3.68 - Diagrama isocrônico Rb-Sr de rochas da região setentrional do Granito Morro Redondo.

3.69 - Diagrama isocrônico Rb-Sr de rochas do Granito Graciosa.

3.70 - Diagrama isocrônico Rb-Sr do afloramento MJ-291 (Unidade Serra da Boa Vista) do Granito Anhangava.

3.71 - Diagrama isocrônico Rb-Sr do afloramento PK-020 (Unidade Serra do Baitaca) do Granito Anhangava.

3.72 - Diagrama isocrônico Rb-Sr de rochas do Granito Corupá.

3.73 - Diagrama isocrônico Rb-Sr para amostras isoladas dos maciços Dona Francisca, Pirai, Marumbi, Guaraú e Mandira. A isócrona de referência traçada é a que consta da figura 3.65 (Granito Agudos, afloramento PK-061, pedreira Sapamar).

4 - CONDICIONANTES TECTÔNICOS

A aglutinação das massas continentais que, durante o Neoproterozóico, fez nascer o "Supercontinente Gondwana" gerou compressões entre as mesmas, que reativaram zonas tectônicas antigas e produziram muitas outras, determinando novos cenários tectônicos. Assim, no Cráton de Luís Alves, e em sua borda regenerada (anexo 1), estruturas pretéritas foram reativadas, enquanto outras surgiam.

Entre as feições tectônicas principais das referidas áreas, destacam-se três, por corresponderem, em grande parte, a limites geotectônicos importantes, no modelo de compartimentação geotectônica adotado neste trabalho: 1 - zona transcorrente Rio Piên; 2 - lineamento Corupá; 3 - lineamento Palmital (ou Garuva).

A zona transcorrente Rio Piên, que corresponde à área onde estão alojados os granitóides deformados da Suíte Granítica Rio Piên, representa a feição tectônica mais marcante da região em estudo. Trata-se de uma faixa de direção geral NE-SW, possível continuação, para SW, do falhamento de Cubatão, que marca o limite entre a borda regenerada e antepaís do Cráton de Luís Alves. Ela atravessa por inteiro referida região, com largura variável de até 20 km. Interrompida por quatro maciços graníticos, esta estrutura faz contato, a N com terrenos gnáissico-migmatíticos, e a S com terrenos granulíticos, sempre através de faixas estreitas, com vários metros de espessura, de rochas cataclásticas (milonitos, protomilonitos, protocataclasitos) gerados em duas fases de deformação, de acordo com Machiavelli et al. (1993). Pequenas falhas que seccionam o Granito Agudos, alojado em grande parte ao longo desta faixa tectônica, sugerem que tal estrutura se reativou com movimentação dextrógira.

O lineamento Corupá separa a área plenamente cratônica do antepaís do Cráton de Luís Alves, correspondendo, possivelmente, a uma estrutura antiga desta entidade geotectônica, reativada por ocasião de compressões NE-SW, quando passou a ser uma das falhas delimitantes do gráben de Corupá.

O lineamento Palmital representa o limite SW do Cinturão Móvel Paranaguá com o Cráton de Luís Alves, consistindo provavelmente numa falha originalmente tensional relacionada à colisão do Cráton de Luís Alves com massas vin-

das de NW, interpostas entre este e o Cráton do Paraná. Posteriormente, com a colisão por volta de 540 M.a. daquele cráton (Luís Alves) com massas provenientes, desta feita, de NE, e representadas pelos terrenos do Cinturão Móvel Paranaguá, interpostos entre este mesmo cráton e aquele do Congo, referida falha teria se comportado como uma transcorrência de deslocamento levógiro.

Tendo por condutos sistemas de falhas gerados por esforços tensionais, os magmas graníticos produziram, na crosta, manifestações ígneas típicas de ambiente distensivo: massas graníticas relativamente homogêneas, essencialmente isotropas, isentas de deformação, bem como derrames vulcânicos seguidamente intercalados com estratos e camadas sedimentares horizontais ou sub-horizontais. Orientações texturais e estruturais constatáveis nesse corpos ígneos são feições relacionadas à movimentação dos magmas, ou ligadas a perturbações tectônicas claramente posteriores à formação desses corpos. Em vista disso, o presente autor está convencido de que o alojamento na crosta das manifestações ígneas da SMA ocorreu num abrangente ambiente distensivo de grande escala.

A seguir, será examinada a relação espacial dos corpos ígneos com as estruturas rúpteis, em dois segmentos da SMA: na "Área 1" (figuras 4.1 e 4.2), em que se encontram os maciços Agudos, Morro Redondo, Corupá, Pirai e Dona Francisca, bem como a bacia de Campo Alegre e o gráben de Corupá; na "Área 2" (figura 4.3), em que se localizam o Granito Serra da Igreja, a bacia de Guaratubinha e o notável enxame de diques ácidos a NW desta estrutura.

Na "Área 1", abstraídas as falhas que seccionam o Granito Agudos (não representadas na figura 4.1), as restantes se enquadram em quatro sistemas de estruturas rúpteis: N20-30W, N50-60E, N20-30E e N70-80E.

As falhas das bordas ocidental e sul-oriental da bacia de Campo Alegre pertencem ao sistema N20-30W, enquanto que aquelas que delimitam o gráben de Corupá ao sistema N50-60E. Os sistemas N20-30E e N70-80E correspondem às zonas de cisalhamento do extremo S da SMA (região de Pomerode - Luís Alves - Massaranduba), extensivas, pelo menos, até área do rio Itajaí-Açu (fora da SMA).

As falhas N30W da borda ocidental da bacia de Campo Alegre, balizadas pelas localidades de São Bento do Sul e Pomerode, *são claramente truncadas*

pelo gráben de Corupá, ou terminam nesta estrutura, enquanto que o mesmo parece ocorrer com as falhas da outra borda, sul-oriental, da referida bacia (anexo 1). Por outro lado, a forma desta estrutura pode ser caracterizada como um "C" aberto, cuja porção meridional, de direção N30W, acaba junto ao Granito Corupá, enquanto que a outra porção, setentrional, está disposta (alongada) segundo N50-60E. Tais fatos conduzem, em resumo, à idéia de que a parte S desta bacia, que seria contemporânea do sistema N20-30W, é mais velha do que sua parte N, que seria contemporânea do sistema N50-60E.

O Granito Agudos, antes de ser seccionado por falhas transcorrentes NE-SW, da zona transcorrente rio Piên, ocorria aparentemente de modo análogo ao Granito Morro Redondo, isto é, com forma aproximadamente retangular e disposto (alongado) na direção N30W. Posicionava-se, possivelmente, justo a NW da bacia de Campo Alegre (ver figura 4.2), de cujos derrames vulcânicos de composição ácida poderia ser o equivalente plutônico.

O relacionamento entre as massas graníticas e os sistemas de estruturas rúpteis na "Área 1" parece claro: o sistema N50-60E é mais visível (pervasivo em toda área), estando associado a quase todos os maciços - Corupá, Pirai, Dona Francisca e Morro Redondo (subsidiariamente); o sistema N20-30W é entrevisto apenas nos dois maiores corpos graníticos - Agudos e Morro Redondo, podendo ser inferido para os maciços Dona Francisca e Corupá como importante durante o alojamento inicial.

Chega-se, então, a que o atual cenário tectono-magmáticos da "Área 1" foi determinado por duas fases de distensão da litosfera. Na primeira (figura 4.1), em que a distensão ocorreu segundo NE-SW, se formaram as falhas do sistema N20-30W (falhas tensionais e de gravidade). Associados a essas estruturas surgiram a metade S da bacia de Campo Alegre e a maior parte do material dos maciços Morro Redondo e Agudos. Na segunda fase (figura 4.2), em que a distensão se manifestou segundo NW-SE, se constituíram as falhas do sistema N50-60E (tensionais e de gravidade) e os dois sistemas conjugados de zonas de cisalhamento do extremo S da SMA. Em ligações com tais estruturas surgiram os diques ácidos (segundo N50-60E) e material ígneo adicional, em especial nos maciços Corupá, Pirai e Dona Francisca.

Na "Área 2 " (figura 4.3), repete-se praticamente o cenário tectono-magmático determinado pela segunda distensão na "Área 1" : falhas de direção próximas de N45E, que delimitam a bacia de Guaratubinha; dois sistemas de estruturas cisalhantes (N10E e N80E); corpo ígneo alongado (Granito Serra da Igreja) e diques ácidos dispostos segundo a mesma direção (N45E) de alongamento daquela bacia. O sistema N20-30W é praticamente "invisível" nesta área.

O importante enxame de diques ácidos localizado justo a S do Granito Alto Turvo (figura 3.61), com direção geral próxima de N50E, indica abertura da crosta coerente com esforços atuantes na segunda fase distensiva acima descrita. Casos quase análogos ocorrem, por outro lado, nas regiões mais setentrionais da SMA (regiões dos maciços Guaraú e Mandira e arredores) (Algarte et al., 1974; Morgental et al., 1975; Batolla Júnior et al., 1981). Aí, massas graníticas, diques e principais falhas indicam, também, distensão segundo NW-SE.

Resumindo, registra-se que, ao longo de toda a SMA há sistemas rúpteis de falhas coerentes com os esforços distensionais que os geraram. O mais visível é o sistema ~N50E (falhas de gravidade e falhas tensionais), ao qual estariam ligadas as vulcânicas de Guaratubinha e de Campo Alegre (parcialmente), bem como boa parte dos maciços graníticos e dos diques ácidos. O sistema N20-30W é apenas entrevisto, a ele estando ligado o material ígneo que, essencialmente, constituiu os maiores maciços - Agudos, Graciosa/Marumbi e Morro Redondo, além de formar as vulcânicas ligadas a este último corpo plutônico e aquelas da bacia de Campo Alegre (parcialmente). O fato da porção S desta bacia, limitada por falhas N20-30W, não se ter desenvolvido no sentido NNW, deixando assim de avançar na borda regenerada do Cráton de Luís Alves, atribui-se a comportamento incompetente, à época da distensão NE-SW, das rochas componentes de tal borda. Illies (1981) explicou desta maneira, também, porque o desenvolvimento de estruturas do tipo gráben não ocorreu em certos terrenos (pouco competentes) do amplo domínio do "Rhinegraben". Acredita-se que boa parte das feições tectônicas da SMA já existiam anteriormente ao Neoproterozóico, ao final do qual foram apenas reativadas. Finalmente, as mudanças no campo dos páleo-esforços distensivos estiveram relacionadas à evolução do processo de aglutinação continental.

Figura 4.1: "Área 1"- falhas, Granito Agudos (com sua forma original provável) (1), Granito Morro Redondo (2) e depósitos vulcano-sedimentares da bacia de Campo Alegre (3). No canto inferior direito, elipsóide de deformação, referente à primeira fase de distensão da SMA, relacionando falhas e massas graníticas.

Figura 4.2: “Área 1”- falhas, gráben de Corupá (1), zonas de cisalhamento (2), dique ácido (3) e maciços graníticos de Corupá (4), Pirai (5) e Dona Francisca (6) (SC). No canto superior direito, elipsóide de deformação, referente à segunda fase de distensão da SMA, relacionando elementos estruturais e massas ígneas.

Figura 4.3: “Área 2” - Falhas, diques ácidos e maciço granítico da região da serra da Igreja e arredores (PR). Seg. Daitx (1979d), com modificações. No canto inferior direito, elipsóide de deformação, referente à segunda fase de distensão da SMA, relacionando elementos estruturais e massas ígneas.

5 - EVOLUÇÃO TECTONO-MAGMÁTICA DA SMA

5.1 - A aglutinação do Gondwana e seus reflexos tectono-magmáticos no Cráton de Luís Alves.

O processo de aglutinação mútua que levou várias massas continentais (crátons) a constituírem o “Supercontinente de Gondwana” teve seu início por volta de 800 M.a., sendo concluído bem no final dos tempos do Neoproterozóico. Ele decorreu, conforme assinalado no início deste trabalho, através de subducções sucessivas de litosfera oceânica, com desaparecimento de fundos oceânicos e formação consequente de arcos magmáticos, ao que se seguiram colisões entre estes e as referidas massas continentais.

O cráton de Luís Alves, cujo antepaís e borda regenerada são o sítio do magmatismo em estudo nesta tese, foi uma das (micro) massas continentais submetidas a tal aglutinação. Ele colidiu inicialmente, por volta de 600 M.a., com o arco magmático Três Córregos, vindo de NW e representado, hoje, pelo CTC (Complexo Granítico Três Córregos). A seguir, por volta de 550 M.a., colidiu com novo arco magmático, provindo desta feita de NE e correspondente, atualmente, aos terrenos do Cinturão Paranaguá, parte integrante da “Micro-placa Serra do Mar” na visão de Campos Neto e Figueiredo (1995).

Como consequência de tais colisões, surgiram neste cráton esforços de todo tipo, inclusive distensivos, gerando sistemas rúpteis de falhas e reativando estruturas pré-existentes. Por falhas tensionais N30W e N50E, formadas neste contexto, e durante certo período de tempo, ascenderam os magmas granitóides na crosta, resultando nos plutões e nas manifestações vulcânicas, por fim nos diques, que representam a atividade ígnea fissural final desse magmatismo.

Na figura 5.1, mostra-se, em perfil, a maneira provável pela qual tais magmas ascenderam na litosfera, através de grandes zonas de falhas verticais: inicialmente, dá-se a separação diapírica do magma na área fonte (astenosfera ou base da litosfera); a seguir, os diápiros ascendem na litosfera, acumulando-se o magma, finalmente, em câmaras magmáticas já no interior da crosta, próximas à

Figura 5.1 - Perfil na litosfera mostrando a ascensão de magmas através de grandes zonas de falhas verticais. Adaptado de Hutton (1988).

superfície, onde se desenvolve o processo de diferenciação geoquímica, e os processos tectônicos relacionados à formação de caldeira.

5.2 - Épocas de formação das rochas magmáticas.

Com relação às idades de formação das rochas magmáticas da SMA, as datações disponíveis ainda não são adequadas, infelizmente, para interpretações definitivas, em vista da precisão insuficiente dos métodos utilizados.

Ao que parece, em vista da concordância aparente dos principais métodos utilizados (U-Pb em zircão, Rb-Sr em rocha total e K-Ar em anfibólios e biotitas), o valor de idade de 580 ± 20 M.a. engloba o conjunto principal dos eventos magmáticos da SMA. Quanto a tais métodos radiométricos, cabe assinalar que os mesmos são baseados em sistemas radioativos completamente independentes, e que possuem valores interpretativos próprios e diferentes entre si. Por outro lado, a concordância dos resultados, dentro dos erros experimentais de cada método, é marcante, e neste sentido, a convergência das evidências (em torno do valor de 580 ± 20 M.a.) leva o presente autor a sugerir que este dado tenha significação geológica, como a época principal de formação dos sistemas rochosos.

É possível que alguma formação de rochas magmáticas tenha ocorrido, em certos maciços (ou até em todos eles) até períodos mais recentes, da ordem de 500 M.a.. Entretanto, em nenhum caso esta interpretação é inequívoca. Idades mais jovens do que 580 ± 20 M.a. foram interpretadas, neste trabalho, como resultado de rejuvenescimento isotópico dos sistemas vulneráveis (Rb-Sr e K-Ar) causado por aquecimentos tardios, ligados a tectonismo e hidrotermalismo.

O estudo geoquímico evidenciou associações genéticas dos sistemas químicos em cada maciço.

Embora certa evolução temporal seja necessária, em cada maciço, para acomodar a existência de unidades magmáticas alojadas sucessivamente, não é possível no momento, em nenhum caso, estimar a duração efetiva dos eventos magmáticos. Por outro lado, em vista da coerência observada dos esforços distensivos originais, da cogeneticidade dos sistemas magmáticos e da concordância geral

das determinações geocronológicas obtidas por métodos diferentes, sugere-se que, em cada unidade individual, a grande maioria das rochas magmáticas tenha se formado ao longo de um período de tempo da ordem de poucos milhões de anos, e todo o conjunto durante o intervalo de tempo já mencionado, de 580 ± 20 M.a..

5.3 - Caracterização do material granítico

Os maciços graníticos da SMA, considerando-se os dados geoquímicos e petrográficos apresentados e concisamente discutidos na presente tese, são constituídos por quatro tipos distintos de granitóides:

- *Tipos metaluminoso*, correspondente a granitóides que tem, como componentes máficos, biotita e/ou hornblenda, eventualmente clinopiroxênio. Predomina largamente na SMA, estando presente nos maciços Agudos, Anhangava, Graciosa, Marumbi, Mandira, Corupá, Alto Turvo e Serra da Igreja.

- *Tipo fracamente peraluminoso*, representado por granitóides que tem, como constituintes máficos, igualmente biotita e/ou hornblenda, bem como por granitóides hololeucocráticos. Presente nos maciços Morro Redondo, Graciosa, Dona Francisca e Pirai.

- *Tipo peralcalino*, equivalente a granitóides caracterizados pela presença de minerais máficos sódicos (arfvedsonita, riebeckita, aegirina). Presente nos maciços Morro Redondo, Graciosa, Mandira, Corupá, Serra Alta e Serra da Igreja.

- *Tipo fracamente peralcalino*, correspondente a granitóides que apresentam, como componentes máficos, riebeckita e biotita. Presente no Granito Anhangava.

Na figura 5.2, apresenta-se os diagramas IA (índice agpático) x SiO_2 e A/CNK (índice de saturação em alumina) x SiO_2 para amostras selecionadas, representantes dos quatro tipos de granitóides acima referidos (amostras PK-022 / 022a 026a / 020a / 021 / 028 / 025 / 023 / 027 / 131 / 128 / 126 / 130 / 104 / 100 / 093 / 117 / 121 / 118 / 110 / 019b / 011 / 013 / 012 / 006 / 123 / 125).

Na figura 5.3, apresenta-se o diagrama A/CNK x IA, para as mesmas amostras da figura 5.2. Os três diagramas (IA x SiO_2 , A/CNK x SiO_2 , A/CN x IA) dão uma boa visão de conjunto dos tipos de granitóides da SMA.

Foram identificados, nos maciços estudados geoquimicamente, “trends” agrupando amostras de um só tipo ou de mais de um tipo de granitóides. Na evolução desses “trends”, os teores de Al_2O_3 , CaO, Fe_2O_3 , MgO e TiO_2 comumente cresceram paralelamente à elevação da sílica. Na_2O e K_2O não tiveram comporta-

mento padrão. Os elementos menores analisados comportaram-se, na sua maior parte, de acordo geralmente com as expectativas que se tem quanto a cada um deles: Y, Rb e Nb normalmente incompatíveis; Sr e Ba habitualmente compatíveis. Zr se mostrou ora compatível, ora incompatível, vez que outra sendo indefinido, entretanto, seu comportamento na evolução dos magmas da SMA. As ordens de grandeza dos teores destes elementos nos diferentes tipos de granitóides são mostrados a seguir (em ppm)

	Tipos de Granitóides			
	Metaluminoso	Fracamente peraluminoso	Peralcalino	Fracamente peralcalino
Zr	300-500	200	1000	500-100
Y	50	40-50	100-200	30-100
Rb	50-300	150	100-150	300
Nb	30	30	60	50
Sr	5-400	50-400	0-20	0-20
Ba	30-2000	500-1200	30-200	20-150

Tais elementos, em diferentes diagramas binários de variação, combinados ou não com elementos maiores, sugeriram em vários casos evolução dos “trends” por cristalização fracionada, sendo entrevisto, pelo menos no caso do “trend” referente à Unidade Piador-Cabral do Granito Agudos, processo de evolução possivelmente por fusão parcial. Nos casos de evolução por cristalização fracionada, as fases minerais que fracionaram foram feldspatos (plagioclásio e/ou feldspato alcalino) e um ou mais máficos, com atuação de acessório (s) ao final do processo.

Os padrões de ETR das amostras analisadas se caracterizaram, na sua maior parte, por apresentarem ETRP muito pouco ou não fracionados, bem como ETRL moderadamente fracionados, variando de fortes a moderadas as anomalias negativas de európio. Na evolução dos “trends”, os ETRP revelaram quase sempre caráter incompatível, enquanto que os ETRL também assim se mostraram até quase o final das evoluções, comportando-se a partir daí como elementos compatíveis por

força provavelmente da atuação, no processo, de acessórios como por exemplo allanita.

A caracterização, através da geoquímica de elementos maiores, menores e traços de amostras de granitóides como representantes de materiais cogenéticos, encontra dificuldades para ser demonstrada, conforme se viu, quando enfocada através da geoquímica isotópica.

Os isótopos de Sr e Nd indicaram que os magmas parentais dos granitóides resultaram de mistura, por assimilação, de magmas mantélicos com material crustal pré-existente.

Figura 5.2: Diagramas IA x SiO₂ e A/CNK x SiO₂ para amostras seleccionadas dos maciços graníticos da SMA. Granitóides: *metaluminoso*, esfera verde; *fracamente peraluminoso*, triângulo azul; *peralcalino*, quadrado vermelho; *fracamente peralcalino*, quadrado inclinado lilás.

Figura 5.3: Diagrama A/CNK x IA para amostras selecionadas dos maciços graníticos da SMA. (Mesma legenda da figura 5.2).

5.4 - Relacionamento entre vulcânicas ácidas e granitóides.

Conforme mostram várias figuras do presente trabalho, bem como o esboço geotectônico da SPS (anexo 1), os derrames vulcânicos ácidos mantêm estreito relacionamento espacial com os maciços graníticos, cobrindo-os ou se estendendo nas suas adjacências: as vulcânicas associadas ao Granito Morro Redondo jazem sobre este corpo granítico ou se estendem contiguamente a ele; aquelas da bacia de Campo Alegre e do gráben de Corupá ocorrem junto ao Granito Corupá (estão separadas por esta intrusão), sendo rodeadas pelos maciços Agudos, Serra Alta e Dona Francisca.

Tais fatos são sugestivos de uma vinculação genética entre corpos vulcânicos e plutônicos da SMA, de modo que os granitóides seriam os representantes plutônicos das manifestações vulcânicas ácidas. A favor dessa idéia estão as conclusões a que chegou Góis (1995), no seu estudo petrográfico e geoquímico sobre a porção N do Granito Morro Redondo e vulcânicas associadas. (Granitóides e vulcânicas apresentaram, neste caso, mesmas características petrográficas e geoquímicas, com “elevado grau de alcalinidade”, no dizer do referido autor).

Por outro lado, os maciços graníticos foram interpretados, conforme se viu no capítulo 4, sobre os condicionantes tectônicos do presente magmatismo, como fruto dos impactos que o Cráton de Luís Alves sofreu no decurso do processo de aglutinação do Gondwana, representando preenchimentos de falhas tensionais.

Daí decorre que *as bacias de Campo Alegre e Guratubinha e o gráben de Corupá*, dispostos (alongados) segundo a mesma direção destas falhas, *são estruturas impactogênicas*, comparáveis, por exemplo, àquelas dos sistemas de “rift” do Baikal (ex-URSS) e de grábens Shanxi (China) (Hefu, 1986) que estão relacionadas à colisão da placa tectônica contendo o continente Asiático com outra, onde estava inserida a massa continental da Índia.

5.5 - Rejuvenescimento nos sistemas químicos.

No item referente à geocronologia (3.3), foram descritos diversos casos de rejuvenescimentos isotópicos evidentes ou possíveis, pelo menos em relação aos sistemas Rb-Sr e K-Ar. É o caso, por exemplo, dos afloramentos PK-061 (Unidade Serra do Tronco, Granito Agudos) e PK-020 (Unidade Serra do Baitaca, Granito Anhangava), cujas isócronas Rb-Sr com idades mais novas em relação à época provável de formação dos maciços graníticos (580 ± 20 M.a.) podem ser atribuídas a processos de re-homogeneização isotópica completa de Sr. Mobilidade química de Rb e Sr, em outros casos, e sem atingir equilíbrio isotópico, se torna evidente pela dispersão de pontos analíticos em diagramas isocrônicos, como ocorre no caso dos afloramentos PK-120 e PK-121 da Unidade Quiriri (Granito Morro Redondo), ou PK-011 e PK-012 (Granito Graciosa). Além disso, várias idades aparentes K-Ar (em anfibólios e/ou biotitas, quadro 3.1) indicam rejuvenescimento por escape de argônio em épocas entre 560 e 500 M.a..

Tais resultados aparentes, pelos dois métodos referidos, sugerem que toda a região da SMA tenha sofrido aquecimentos superiores a 250° - 300° C (em alguns casos, como o do Granito Corupá de até 500° C) possivelmente associados a hidrotermalismo, durante reativações tectônicas sucessivas e atuantes ao longo dos principais sistemas de falhas. Tais processos são aqui interpretados como reflexo, na SMA, dos impactos terminais da consolidação do Gondwana, quem sabe associados às últimas compressões do Cráton de Luís Alves com as massas vindas de NE (Cinturão Móvel Paranaguá), interpostas entre tal cráton e o do Congo, ou mesmo a articulações de outras massas continentais, como os crátons do Rio de La Plata ou do Kalahari.

6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para finalizar, algumas palavras ainda sobre o relacionamento dos maciços graníticos com as manifestações vulcânicas SMA, bem como algumas considerações sobre o problema dos “granitos anorogênicos”.

Nas caracterizações das sequências vulcano-sedimentares da SMA feitas pro Almeida (1967, 1969), as mesmas foram consideradas como representando molassas tardias associadas a “produtos de vulcanismo subsequente”, ou simplesmente “coberturas molássicas” do estágio de transição da estabilização da Plataforma Brasileira. Os maciços graníticos espacialmente associados a essas coberturas foram interpretados como produtos de plutonismo pós-cinemático (ou pós-tectônico) inteiramente desvinculados, do ponto de vista genético, do referido “vulcanismo subsequente”. Assim, em todos os inúmeros mapas e relatórios geológicos de diferentes segmentos da SMA, a partir do final dos anos 60 até praticamente nossos dias, ficou incorporada esta visão de nítida desvinculação temporal e genética entre plutões graníticos (“granitos pós-cinemáticos ou pós-tectônicos”) e manifestações vulcânicas (“produtos de vulcanismo subsequente”). Representando eventos ígneos distintos, separados por um intervalo de tempo da ordem de várias dezenas de M.a., o plutonismo granítico finalizava os processos geológicos pré-cambrianos, enquanto o vulcanismo era visto como representando os primeiros registros de uma nova história geológica, eopaleozóica, da “paraplataforma” Brasileira.

Conforme evidências geoquímicas e geocronológica, bem como de campo, acumuladas nos últimos anos, tal separação radical entre produtos plutônicos e vulcânicos não pode mais ser mantida na SMA, já que eles foram constituídos, como esta tese pretendeu demonstrar, no quadro de um mesmo processo plutono-vulcano-sedimentar que decorreu, quase inteiramente, no final dos tempos neoproterozóicos.

Sobre o problema dos “granitos anorogênicos”, registra-se que alguns autores, nos anos 80, ao estudarem os maciços da SMA (Kaul, 1984, 1987; Issler e Freire, 1985; Issler, 1987; Oliveira et al., 1987; Oliveira, 1989) consideraram tais massas plutônicas como “anorogênicas” ou, por outra, consituídas por “granitos

anorogênicos”, em função das informações que até então se acumulavam sobre as mesmas e que as aproximava grandemente daquelas tidas como típicas de “províncias magmáticas anorogênicas”: composição peralcalina predominante, dimensão em geral discreta, forma original circular (ou próxima desta), alojamento num “ambiente anorogênico”, em terrenos cuja cratonização ocorra muito antes da formação das massas graníticas, etc.. Mais recentemente, o evento ígneo que as originou na SMA foi comparado por Kaul e Cordani (1994), considerando sobretudo aspectos composicionais das massas graníticas, àquele que Bonin (1990) em outras regiões do Planeta definiu como de tipo “anorogênico precoce”, representando uma transição de condições pós-orogênicas para condições francamente anorogênicas”.

Hoje mais do que nunca, tem-se apercebido que o termo “anorogênico” carrega, na relidade, problemas conceituais, que remontam, pelo menos, à época de Marmo (1971). Referindo-se a granitos pós-cinemáticos, este famoso granitólogo registrou em sua notável obra, “Granite Petrology and the Granite Problem”, que os mesmo eram anorogênicos.

Em seu trabalho sobre os granitos aluminosos tipo A do Cinturão de Dobramentos Lachland do SE da Austrália, King et al. (1997), a quem o autor da presente tese remete, fizeram uma abordagem interessante a respeito dos mencionados problemas, destacando controvérsias, aspectos confusos das definições dos termos em foco, problema de “overlap” da composição dos granitos tipo A com aquela dos granitos tipo I, etc..

Em conclusão, chega-se a que os maciços graníticos da SMA, formados como se viu justo após colisões continentais relacionadas ao processo de aglutinação do Gondwana, são melhor descritos do ponto de vista tectônico, em face das dificuldades acima brevemente relatadas, como pós-colisionais. Eles são, por outro lado, como se pretendeu mostrar nesta tese, de ambiente distensional, intraplaca.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, L. F. F. de; ARIOLI, E. E.; DIAS, A. de A.; KIRCHNER, C. A. (1971) Geologia das quadriculas de Blumenau e Joinville, Santa Catarina. Porto Alegre :DNPM/CPRM. 121p. (Relatório do Arquivo Técnico da DGM, 1768).
- ALGARTE, J. P. et al. (1974) Relatório geológico integrado. In: ALGARTE, J. P. et al. Projeto sudeste do estado de São Paulo; relatório final. São Paulo, DNPM/CPRM. 4v. (Relatório do Arquivo Técnico da DGM, 2239) v.4.
- ALMEIDA, F. F. M. de. (1949) Novo campo de riolitos e tufos no sul do Brasil. Mineração Metalurgia, Rio de Janeiro, v.14, n.82, p.101-103.
- ALMEIDA, F. F. M. de. (1967) Origem e evolução da plataforma brasileira. Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia, Rio de Janeiro, n.241, p.1-36.
- ALMEIDA, F. F. M. de; AMARAL, G.; CORDANI, U. G.; KAWASHITA, K. (1973) The precambrian evolution of the South American cratonic margin south of the Amazon river. In: NAIRN, A.E. M. & STEHLI, F. G. (eds.) The ocean basins and margins. New York :Plenum. v.1, p.411-446.
- BARBOSA, O. (1957) Observações e comparações sobre algumas ocorrências vulcânicas no Peru, no México e no Brasil. Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia, Rio de Janeiro, n.167, p.7-43.
- BASEI, M. A. S. (1985) O cinturão Dom Feliciano em Santa Catarina. São Paulo :USP/Instituto de Geociências. 185p. Tese de doutoramento.
- BASEI, M. A. S. (1996) O grupo Brusque - uma unidade em provável terreno suspeito durante o neoproterozóico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39., Salvador, 1996. Anais. Salvador :Sociedade Brasileira de Geologia. 6v. v.6, p.101-104.
- BASEI, M. A. S.; CAMPOS NETO, M. da C.; SIGA JÚNIOR, O. (1994). Geologia do grupo Brusque na região de Canelinha, SC. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38., Balneário Camboriú, 1994. Boletim de Resumos Expandidos. Florianópolis :Sociedade Brasileira de Geologia. 3v. v.1, p.243-244.

- BASEI, M. A. S.; SIGA JÚNIOR, O.; KAWASHITA, K. (1990a) A K-Ar profile through the Joinville massif and the Dom Feliciano Belt Southern Brasil tectonic implications. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GEOCHRONOLOGY, COSMOCHRONOLOGY AND ISOTOPE GEOLOGY, 7., Canberra, 1990. Abastracts. Canberra :Geological Society of Australia. n.27, p.8.
- BASEI, M. A. S., SIGA JÚNIOR, O.; MACHIAVELLI, A. (1990b) Tectonic relationship between the Dom Feliciano belt and the Joinville Massif, southern Brazil. In: WORKSHOP GEOQUÍMICA, ISOTÓPICA, GEOCRONOLÓGICA E LITO-GEOQUÍMICA DAS REGIÕES SUL E SUDESTE DO BRASIL, São Paulo, 1990. Boletim de Resumos. São Paulo :Sociedade Brasileira de Geoquímica/USP/Instituto de Geociências. v.1, p.17-19.
- BASEI, M. A. S.; SIGA JÚNIOR, O.; REIS NETO J. M. dos. (1990c) O batólito Paranaguá. Proposição, idade, considerações petrogenéticas e implicações tectônicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36., Natal, 1990. Anais. Natal :Sociedade Brasileira de Geologia. 6v. v.4, p.1684-1699.
- BASEI, M. A. S.; SIGA JÚNIOR, O.; MACHIAVELLI, A. (1992a) Tectônica de nappes do proterozóico superior e eopaleozóico da porção sul-brasileira. In: UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN. Facultad de Ciencias Naturales/Instituto Miguel Lillo/Instituto Superior de Correlación Geológica. El paleozoico inferior en Latinoamerica y la genesis del Gondwana. San Miguel de Tucumán. 217p. (Serie Correlacion Geologica, n.9) p.215-217.
- BASEI, M. A. S.; SIGA JÚNIOR, O.; MACHIAVELLI, A.; MANCINI, F. (1991) Evolução tectônica do maciço de Joinville (PR-SC). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 3., Rio Claro, 1991. Boletim de Resumos Estendidos e Roteiro das Excursões. Rio Claro :Sociedade Brasileira de Geologia. p.132-133.
- BASEI, M. A. S.; SIGA JÚNIOR, O.; MACHIAVELLI, A.; MANCINI, F. (1992a) Evolução tectônica dos terrenos entre os cinturões Ribeira e Dom Feliciano. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v.22, n.2, p.216-221.
- BATOLLA JÚNIOR, F.; CARVALHO, M. A. da S.; COLANERI, S.; AGUIAR NETO, A. (1977) Folha Curitiba, SG.22-X-D-I. In: BATOLLA JÚNIOR, F. et al. Projeto leste do Paraná, relatório final. São Paulo :DNPM/BADEP/IGUFP/CPRM. 3v. (Relatório do Arquivo Técnico da DGM, 2689) v.1, anexos 1 e 2.

- BATOLLA JÚNIOR, F. et al. (1981) Projeto integração e detalhe geológico no vale do Ribeira; relatório final. São Paulo :DNPM/CPRM. 15v.
- BIONDI, J. C. (1983) Mapa geológico da área do escudo do estado do Paraná. Curitiba :MINEROPAR. Esc. 1:250.000.
- BOIN, M. N.; SILVA, J. R. B. da; SILVA, R. B. da; MELLO, I. S. de C. (1982) Mineralizações polimetálicas hidrotermais, associadas aos granitóides alcalinos de Mandira, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32., Salvador, 1982. Anais. Salvador :Sociedade Brasileira de Geologia. 5v. v.3, p.945-956.
- BRANNER, J. C. (1915) Geologia elementar. 2. ed. Rio de Janeiro :F. Alves. 396p.
- BRITO NEVES, B. B. de & CORDANI, U. G. (1992) Eventos terminais do ciclo brasileiro/pan-africano no gondwana ocidental. In: UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN. Facultad de Ciencias Naturales/Instituto Miguel Lillo/Instituto Superior de Correlacion Geologica. El paleozóico inferior em Latinoamerica y la genesis del Gondwana. San Miguel de Tucumán. 217p. (Serie Correlación Geologica, n.9) p.139-144.
- CAMPANHA, G. A. da C.; GIMENEZ FILHO, A.; SADOWSKI, G. R. (1994) Tectônica da faixa Ribeira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38., Balneário Camboriú, 1994. Boletim de Resumos Expandidos. Florianópolis :Sociedade Brasileira de Geologia. 3v. v.1, p.271-272.
- CARNEIRO, C. D. R.; COIMBRA, A. M.; THOMAZ FILHO, A. (1974) Esboço da diferenciação tectônica do pré-cambriano superior no sul-sudeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., Porto Alegre, 1974. Resumo das Comunicações. Porto Alegre :Sociedade Brasileira de Geologia. 824p. (Boletim, n.1) p. 698-700.
- CARVALHO, P. F. de & PINTO, E. A. (1938) Reconhecimento geológico no estado de Santa Catarina.Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico, Rio de Janeiro, n.92, p.1-30.
- CASTRO, N. A.; P. JÚNIOR, V.; REIS NETO, J. M. dos. (1994) Formação Guaratubinha: a importância das rochas vulcanoclásticas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38., Balneário Camboriú, 1994. Boletim de Resumos Expandidos. Florianópolis :Sociedade Brasileira de Geologia. 3v. v.3, p. 72-73.

- CHIODI FILHO, C.; SANTOS, J. F. dos; SOARES, P. C.; MORETZSOHN, J. S. (1989) Estudos de elementos, terras raras para caracterização e avaliação metalogenética de granitóides no escudo paranaense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 2., Porto Alegre, 1989. Anais. Porto Alegre: SBGq/CPRM/DNPM. 520p., p.487-498.
- COIMBRA, A. M.; GUGLIOTTA, A. P.; PEDRALLI, C.; NASCIMENTO E. M. do; CASTRO, E. A. N. de; CUPERTINO, J. A.; SCARTON, J. C.; MIRANDA, M. T. O. de; JAURIS, R. C.; ANNS, W. (1978) Geologia da região de Luís Alves, Santa Catarina. São Leopoldo :UNISINOS/Curso de Geologia. Esc. 1:50.000. Trabalho de conclusão.
- COITINHO, J. B. L. & FERNANDES, E. (1982) Contribuição à geologia da folha SG.22-Curitiba; dados complementares à operação de helicóptero DIGEO/BASCA. Florianópolis, Projeto RADAMBRASIL, 8p. (Relatório Interno RADAMBRASIL, 514-G).
- CORDANI, U. G. (1974) Comentários sobre as determinações geocronológicas disponíveis nas folhas Asunción e Curitiba. In: MONACO, O. A.; ZIR, FILHO, J. A.; VALENTINI, N. Carta geológica do Brasil ao milionésimo, folha Asunción (SG.21), folha Curitiba (SG.22). Brasília :DNPM. 81p. p.58-67.
- CORDANI, U. G. & BITTENCOURT, I. (1967) Determinações de idade potássio-argônio em rochas do grupo Açungui. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 21., Curitiba, 1967. Anais. Curitiba :Sociedade Brasileira de Geologia. 244p. p.219-233.
- CORDANI, U. G. & GIRARDI, V. A. (1967) Geologia da folha de Morretes. Boletim da Universidade Federal do Paraná, Geologia, Curitiba, n. 26, p.1-40.
- CORDANI, U. G. & KAWASHITA, K. (1971) Estudo geocronológico pelo método Rb-SR de rochas graníticas intrusivas no grupo Açungui. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25., São Paulo, 1971. Anais. São Paulo :Sociedade Brasileira de Geologia. 3v. v.1, p.145-154.
- CORDANI, U. G.; GIRARDI, V. A. V.; MURATORI, A. (1967) Folha geológica de Morretes. Curitiba :Comissão da Carta Geológica do Paraná. Esc. 1:75.000.
- CORDANI, U. G.; GOMES, C. B.; MELCHER, G. C.; GIRARDI, V. C.; BITTENCOURT, I. (1968) Rochas graníticas na região do rio Ribeira de Iguape. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 22., Belo Horizonte, 1968.

Resumo das Comunicações. Belo Horizonte :Sociedade Brasileira de Geologia. 121p., p.89-90.

CORDANI, U. G.; GIRARDI, V. A. V.; GOMES, C. B.; LELLIS, H. S.; MELCHER, G. C; MELFI, A. J. (1971). Geologia da folha de Eldorado, /SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25., São Paulo, 1971. Anais. São Paulo :Sociedade Brasileira de Geologia. 3v. v.1, p.103.

COUTINHO, J. M. V. (1971) Estado atual de conhecimento do pré-cambriano superior sul brasileiro: uma síntese. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25., São Paulo, 1971. Anais. São Paulo :Sociedade Brasileira de Geologia. 3v. v.1, p.83-91.

DAITX, E. C. (1979a) Contribuição ao conhecimento geológico dos depósitos molássicos relacionados à região de dobramentos Sudeste: 1-Bacia de Campos Alegre, SC. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2., Rio Claro, 1979. Atas. Rio Claro :Sociedade Brasileira de Geologia. 2v. v.1, p.131-146.

DAITX, E. C. (1979b) Contribuição ao conhecimento geológico dos depósitos molássicos relacionados à região de dobramentos sudeste: 2-Graben de Corupá. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2., Rio Claro, 1979. Atas. Rio Claro :Sociedade Brasileira de Geologia. 2v. v.1, p.147-156.

DAITX, E. C. (1979c) Mapa geológico, folha Jaraguá do Sul, SG.22-Z-B-I. In: CARVALHO, M. A. da S. et al. Projeto geoquímica na área de Guaratubinha-Piên, relatório final. São Paulo :DNPM/CPRM, 1980. 6v. (Relatório do Arquivo Técnico da DGM, 2953) v.1, anexo 1. Esc. 1:100.000.

DAITX, E. C. (1979d) Mapa geológico, folhas parciais de São José dos Pinhais, SG.22-X-D-IV e Paranaguá SG.22-X-D-V. In: CARVALHO, M. A. da S. et al. Projeto geoquímica na área de Guaratubinha-Piên, relatório final. São Paulo :DNPM/CPRM, 1980. 6v. (Relatório do Arquivo Técnico da DGM, 2953) v.1, anexo 2. Esc. 1:100.000.

DAITX, E. C. & CARVALHO, M. A. da S. (1980) Descrição e geologia. In: CARVALHO, M. A. da S. et al. Projeto geoquímica na área de Guaratubinha-Piên, relatório final. São Paulo :DNPM/CPRM. 6v. (Relatório do Arquivo Técnico da DGM, 2953) v.1, p.25-51.

- DUTRA, E. B. (1926) Reconhecimento topográfico e geológico no estado de Santa Catarina. Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico, Rio de Janeiro, n. 21, p. 31-56.
- DUTRA, C. V. (1984) Método para determinação de traços e subtraços de terras raras em rochas por espectrometria de plasma (ICP) - aplicação em petrogênese. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33., Rio de Janeiro, 1984. Anais. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Geologia. 12 v. v.10, p. 4792-4805.
- EBERT, H. (1971) O grupo Guaratubinha no norte do estado de Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25., São Paulo, 1971. Anais. São Paulo :Sociedade Brasileira de Geologia. 3v. v.1, p.147-165.
- EBERT, H. & BROCHINI, M. F. (1971) A formação Campo Alegre, Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25., São Paulo, 1971. Resumo das Comunicações. São Paulo :Sociedade Brasileira de Geologia. 261p. (Boletim Especial, 1) p.181-182.
- EL BOUSEILY, A. M. & EL SOKKARY, A. A. (1975) The relation between Rb, Ba and Sr in granitic rocks. Chemical Geology, Amsterdam, 16, n.3, p.207-219.
- FASSBINDER, E.; FUMAGALLI, C. E.; FIORI, A. P. (1985) Estudo preliminar sobre lineamentos tectônicos, intrusões graníticas e possíveis mineralizações associadas no pré-cambriano paranaense. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 2., Florianópolis, 1985. Anais. Florianópolis :Sociedade Brasileira de Geologia. 560p., p.172-183.
- FERREIRA, C. J. & WERNICK, E. (1985) Petrografia de granitóides dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (breve comunicação). In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 2., Florianópolis, 1985. Anais. Florianópolis :Sociedade Brasileira de Geologia. 560p., p.124-125.
- FIGUEIREDO, M. C. H. de; BASEI, M. A. S.; MANTOVANI, M. S. M.; FRYER, B. J. (1991) O complexo granulítico de Santa Catarina :um arco insular arqueano? Boletim IG-USP. Publicação Especial, São Paulo, n.9, p.35-49.
- FIORI, A. P. (1984) Análise do caráter polidiapírico do granito Agudos na região de Agudos do Sul, PR., Curitiba :MINEROPAR. 25p. (Relatório interno).

- FIORI, A. P. (1991a) Tectônica de cavalgamento no grupo Açungui. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 3., Rio Claro, 1991. Boletim de Resumos. Rio Claro :Sociedade Brasileira de Geologia. p.134-136.
- FIORI, A. P. (1991b) Tectônica e estratigrafia do grupo Açungui a norte de Curitiba. São Paulo :USP/Instituto de Geociências. 261p. Tese de livre docência.
- FIORI, A. P. (1992) Tectônica e estratigrafia do grupo Açungui - PR. Boletim IG-USP, Série Científica, São Paulo, v.23, p.55-74.
- FRAGOSO CÉSAR, A. R. S. (1980) O cráton do rio de la Plata e o cinturão Dom Feliciano no escudo uruguaio-sul-rio-grandense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., Balneário Camboriú, 1980. Anais. Florianópolis :Sociedade Brasileira de Geologia. 5v. v.5, p.2879-2892.
- FRAGOSO CÉSAR, A. R. S. (1991) Tectônica de placas no ciclo brasileiro: as orogenias dos cinturões Dom Feliciano e Ribeira no Rio Grande do Sul. São Paulo :USP/Instituto de Geociências/Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica. 367p. Tese de doutoramento.
- FUCK, R. A. (1967a) Geologia da folha de Piraquara. s.l., s.ed. 34p. datil.
- FUCK, R. A. (1967b) Geologia da folha de São José dos Pinhais. s.l., s.ed. 46p. datil.
- FUCK, R. A.; MARINI, O. J.; TREIN, E. (1967a) Contribuição ao estudo das rochas graníticas do estado do Paraná. Boletim Paranaense de Geociências, Curitiba, n.23/25, p.183-219.
- FUCK, R. A.; MARINI, O. J.; TREIN, E. (1967b) A formação Guaratubinha. Boletim Paranaense de Geociências, Curitiba, n.23/25, p.237-255.
- FUCK, R. A.; TREIN, E.; MARINI, O. J. (1967c) Geologia e petrografia dos migmatitos do Paraná. Boletim Paranaense de Geociências, Curitiba, n.23/25, p.5-41.
- FUCK, R. A.; MARINI, O. J.; TREIN, E.; LOPES, J. A. (1967d) Folha geológica de Paranaguá. Curitiba :Comissão da Carta Geológica do Paraná. Esc. 1:50.000.

- FUCK, R. A.; MARINI, O. J.; TREIN, E.; MURATORI, A. (1971) Geologia do leste paranaense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25., São Paulo, 1971. Anais. São Paulo :Sociedade Brasileira de Geologia. 3v. v.1, p.121-130.
- FUCK, R. A.; TREIN, E.; MURATORI, A.; RIVEREAU, I. C. (1969) Mapa geológico preliminar do litoral da serra do Mar e parte do primeiro planalto do estado do Paraná. Boletim Paranaense de Geociências, Curitiba, n.27, p.123-152.
- FUCK, R. A.; LOPES, J. A.; MARINI, O. J.; TREIN, E.; MURATORI, A. (1967e) Folha geológica de São José dos Pinhais. Curitiba :Comissão da Carta Geológica do Paraná. Esc. 1:50.000.
- FUCK, R. A.; MURATORI, A.; TREIN, E.; BERTOLDO, A.; HAUSEN, J. (1970) Rio Capivari; folha geológica. Curitiba :Comissão da Carta Geológica do Paraná. Esc. 1:70.000.
- GIRARDI, V. A. V. (1974) Petrologia do complexo básico-ultrabásico de Piên, PR. São Paulo :USP/Instituto de Geociências. Tese de livre docência.
- GIRARDI, V. A. V.; CORDANI, U. G.; CANDIDO, A.; MELFI, A. J.; KAWASHITA, K. (1974) Geocronologia do complexo básico-ultrabásico pré-brasileiro da região de Piên, PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., Porto Alegre, 1974. Anais. Porto Alegre :Sociedade Brasileira de Geologia. 7v. v.6, p.245-251.
- GODOY, A. M. de & SILVA, A. T. S. F. da. (1981) Mapa geológico; folha Iguape (SG.23-V-A-IV), nota explicativa. In: BATOLA JÚNIOR, F. et al. Projeto integração e detalhe geológico no vale do Ribeira; relatório final. São Paulo :DNPM/CPRM. 15v. v.2, anexo 1, mapa 10. Esc. 1:100.000.
- GÓIS, J. R. de. (1995) Contribuição à petrografia e geoquímica da parte setentrional do complexo vulcano-plutônico Morro Redondo, divisa do Paraná com Santa Catarina. São Paulo :USP/Instituto de Geociências/Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica. 86p. Dissertação de mestrado.
- GÓIS, J. R. de. & MACHADO, R. (1992) Sobre a ocorrência de uma nova suite vulcânica-subvulcânica do eo-paleozóico no estado do Paraná. DG-UNISINOS. Boletim Especial, São Leopoldo, v.1, p.54-56.

- GÓIS, J. R. de. & MACHADO, R. (1995) Caracterização litogeoquímica e tectônica do maciço granítico Morro Redondo, divisa dos estados do Paraná e Santa Catarina, Brasil. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 6./ENCONTRO DE GEOLOGIA DO CONE SUL, 1., Porto Alegre, 1995. Boletim de Resumos Expandidos. Porto Alegre : CPRM. 381p., p.85-87.
- GOMES, C. de B.; ARRUDA, M. R.; BERENHOLC, M.; HIPÓLITO, R. (1975a) Geoquímica de maciços graníticos da região do Ribeira, parte 1 :elementos maiores. Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, v.47, n.1, p.113-130.
- GOMES, C. de B.; ARRUDA, M. R.; BERENHOLC, M.; HIPÓLITO, R. (1975b) Geoquímica de maciços graníticos da região do Ribeira, parte 2 :elementos traços. Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, v.47, n.3/4, p.459-476.
- GUIMARÃES, D. (1993) A província magmática do Brasil meridional. Belo Horizonte :Departamento dos Serviços Geográfico e Geológico. 85p. (Monografia, n.1).
- HALLINAN, S. E.; MANTOVANI, M. S. M.; SHUKOWSKY, W.; BRAGGION JÚNIOR, I. (1993) Estrutura do escudo sul-brasileiro :uma revisão através de dados gravimétricos e magnetométricos. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v.23, n.3, p.201-214.
- HANCOCK, P. L. & BEVAN, T. G. (1987) Brittle modes of foreland extension. In: COWARD, M. P.; DEWEY, J. F.; HANCOCK, P. L. (eds.) Continental extensional tectonics. Geological Society Special Publication, n. 28, p.127-137.
- HANSON, G. N. (1978) The application of trace elements to the petrogenesis of igneous rocks of granitic composition. Earth and Planetary Science Letters, Amsterdam, v.38, n.1, p.26-43.
- HARARA, O. M. (1996) Análise estrutural, petrológica e geocronológica dos litotipos da região de Piên (PR) e adjacências. São Paulo:USP/Instituto de Geociências/Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica. 196p. Dissertação de mestrado.
- HASUI, Y.; CARNEIRO, C. D. R.; BISTRICHI, C. A. (1978) Os granitos e granitóides da região de dobramentos sudeste nos estados de São Paulo e Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., Recife, 1978. Anais. Recife : Sociedade Brasileira de Geologia. 6v. v.6, p.2594-2608.

- HASUI, Y.; CARNEIRO, C. D. R.; COIMBRA, A. M.(1975) The Ribeira folded belt. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v.5, n.4, p.257-266.
- HEFU, L. (1986) Geodynamic scenario and atructural styles of mesozoic and cenozoic basins in China. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, Tulsa, v.70, n.4, p.377-395.
- HUTTON, D. H. W. (1982) A tectonic model for the emplacement of the Main Donegal granite, NW Ireland. Journal of the Geologic Society of London, London, v.139, p.615-631.
- HUTTON, D. H. W. (1988) Granite emplacement mechanisms and tectonic controls: inferences from deformation studies. Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences, Edinburgh, v.79, p.245-255.
- HYNDMAN, D. W. (1972) Petrology of igneous and metamorphic rocks. New York :McGraw-Hill. 533p.
- ILLIES, J. H. (1981) Mechanism of graben formation. Tectonophysics, Amsterdam, v.73, p.249-266.
- ISSLER, R. S. (1984) Granitos e granitóides da região sul. Florianópolis :Projeto RADAMBRASIL. 51p. (Relatório Interno RADAMBRASIL, 656-G).
- ISSLER, R. S. & FREIRE, F. de. A. (1985) A diversidade dos granitos da região sul do Brasil. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 2., Florianópolis, 1985. Anais. Florianópolis :Sociedade Brasileira de Geologia. 560p., p.89-101.
- ISSLER, R. S.; BONOW, C. de W.; MARIMON, R. G.; TRAININI, D. R. (1980) Perspectivas metalogenéticas de alguns maciços graníticos da folha SG.22-Curitiba. Mineração Metalurgia, Rio de Janeiro, v.43, n.417, p.4-12.
- JANASI, V. de A. & ULBRICH, H. H. G. J. (1985a) Avaliação das informações disponíveis para os granitóides do estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 5., São Paulo, 1985. Atas. São Paulo :Sociedade Brasileira de Geologia. 2v. v.1, p.133-146.

- JANASI, V. de A. & ULBRICH, H. H. G. J. (1985b) Granitoid occurrences in the state of São Paulo :petrologic and geotectonic aspects. Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, v.57, n.4, p.520.
- JANASI, V. de A. & ULBRICH, H. H. G. J. (1991) Late proterozoic granitoid magmatism in the state of São Paulo, southeastern Brazil. Precambrian Research, Amsterdam, v.51, n.1/4, p.351-374.
- JANASI, V. de A. & ULBRICH, H. H. G. J. (1992) Inventário bibliográfico de granitos do estado de São Paulo. Boletim IG-USP. Publicação Especial, São Paulo, n.11., p.1-253.
- KAUL, P. F. T. (1979) Precambriano e eopaleozóico do nordeste de Santa Catarina e leste do Paraná: reavaliação de dados e correlações com a África. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2., Rio Claro, 1979. Atas. São Paulo :Sociedade Brasileira de Geologia. 2v. v.1, p.1-15.
- KAUL, P. F. T. (1980) O cráton de Luis Alves. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., Balneário Camboriú, 1980. Anais. Florianópolis :Sociedade Brasileira de Geologia. 5v. v.5, p.2677-2683.
- KAUL, P. F. T. (1984) Significado dos granitos anorogênicos da suite intrusiva serra do Mar na evolução da crosta no sul-sudeste do Brasil, na âmbito das folhas SG.22-Curitiba e SG.23-Iguape. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33., Rio de Janeiro, 1984. Anais. Rio de Janeiro :Sociedade Brasileira de Geologia. 12v. v.6, p.2815-2825.
- KAUL, P. F. T. (1985) Magmatismo e evolução da crosta no sul-sudeste do Brasil, durante o proterozóico superior-eopaleozóico, (breve comunicação) In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 2., Florianópolis, 1985. Anais. Florianópolis :Sociedade Brasileira de Geologia. 560p., p.126-127.
- KAUL, P. F. T. (1987) The granites and granitoids of the alkaline silica-oversaturated magmatic province of southern Brazil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GRANITES AND ASSOCIATED MINERALIZATIONS, Salvador, 1987. Extended Abstracts. Salvador :Superintendência de Geologia e Recursos Minerais. 299p., p.81-88.
- KAUL, P. F. T. & CORDANI, U. G. (1994) Aspectos petrográficos, geoquímicos e geocronológicos dos maciços graníticos da serra do Mar no leste paranaense e vizinhanças. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38., Balneário

- Camboriú, 1994. Boletim de Resumos Expandidos. Florianópolis :Sociedade Brasileira de Geologia. 3v. v.2, p.372-373.
- KAUL, P. F. T.; COITINHO, J. B. L.; ISSLER, R. S. (1982a) O episódio Campo Alegre. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32., Salvador, 1982. Anais. Salvador :Sociedade Brasileira de Geologia. 5v. v.1, p.47-54.
- KAUL, P. F. T.; ISSLER, R. S.; FERNANDES, E.; BONOW, C. de W.; COITINHO, J. B. L. (1982b) Suíte intrusiva serra do Mar; resultados preliminares. Florianópolis :Projeto RADAMBRASIL. 15p. (Relatório Interno RADAMBRASIL, 560-G).
- KAUL, P. F. T.; COITINHO, J. B. L.; ISSLER, R. S.; BONOW, C. de W.; MOREIRA, M. L. O.; MARIMON, M. P. C.; MOREIRA, H. L.; SILVA, R. H.; MARINHO, D. de A. e ; TEIXEIRA, W.(1984) Geologia. In: IBGE. Folha SG.22-Curitiba, parte da folha SG.21-Asuncion e folha SG.23-Iguape. (no prelo)
- KING, P. L.; WHITE, A. J. R.; CHAPPELL, B. W.; ALLEN, C. M. (1997) Characterization and origin of aluminous A-type granites from the Lachland fold belt, southeastern Australia. Journal of Petrology, Oxford, v.38, nº3, p.371-391.
- LAMEYRE, J. & BOWDEN, P. (1982) Plutonic rock types series: discrimination of various granitoids series and related rocks. Journal of Volcanology and Geothermal Research, Amsterdam, v.14, n.1/2, p.169-186.
- LEINZ, V. (1937) Paisanito com hastingsito de Curitiba, Paraná. Mineração e Metalurgia, Rio de Janeiro, v.2, n.10, p.273-274.
- LOPES, O. F. (1987a) O granito sin-tectônico Cubatãozinho: petrogênese e evolução geológica. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 3., Curitiba, 1987. Atas. Curitiba :SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA. 2v. v.2, p. 481-490.
- LOPES, O. F. (1987b) Zoneamento metamórfico da formação rio das Cabras do pré-cambriano do estado do Paraná. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 3., Curitiba, 1987. Atas. Curitiba :Sociedade Brasileira de Geologia. 2v. v.1, p.303-312.
- LOPES JÚNIOR, I.; AGUIAR NETO, A.; CARVALHO, M. A. da S.; COLANERI, S.; BATOLLA JÚNIOR, F. (1977) Folha Guaraqueçaba, SG.22-X-D-III. In: BATOLLA JÚNIOR, F. et al. Projeto leste do Paraná; relatório final. São Paulo

- :DNPM/BADEP/IGUFP/CPRM. 3v. (Relatório do Arquivo Técnico da DGM, 2689) v.3, anexos 195.
- MAACK, R. (1947) Breves notícias sobre a geologia dos estados de Santa Catarina e Paraná. Arquivos de Biologia e Tecnologia, Curitiba, v.2, n.7, p.64-154.
- MAACK, R. (1953) Mapa geológico do estado do Paraná. Curitiba :Comissão de Comemorações do Centenário do Paraná. Esc. 1:750.000.
- MAACK, R. (1961) Sobre a ocorrência de granitos alcalinos no estado do Paraná e sua posição dentro das fases orogenéticas algonguianas. Boletim da Universidade do Paraná, Geologia, Curitiba, n.4, p.1-52 .
- MACHADO, R.; GOIS, J. R.; PLACID, J.; CONCEIÇÃO, H. (1993) Maciço alcalino de Morro Redondo (Paraná): abordagem petrográfica das fácies vulcânica e plutônica. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 45., Recife, 1993. Anais (comunicações). Recife :SBPC. p.632.
- MACHIAVELLI, A. (1991) Os granitóides deformados da região de Piên (PR): um provável arco magmático do proterozóico superior. São Paulo :USP/Instituto de Geociências. 89p. Dissertação de mestrado.
- MACHIAVELLI, A. ; BASEI, M. A. S.; SIGA JÚNIOR, O. (1993) Suíte granítica rio Piên: um arco magmático do proterozóico superior na microplaca Curitiba. Geochimica Brasiliensis , Rio de Janeiro, v.7, n.2, p.113-129.
- MANTOVANI, M. S. M.; SHUKOWSKY, W.; BASEI, M. A. S.; VASCONCELOS, A. C. B. C. (1989). Modelo gravimétrico das principais descontinuidades crustais nos terrenos pré-cambrianos dos estados do Paraná e de Santa Catarina. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v.19, n.3, p.367-374.
- MARINI, O. (1970) Geologia da folha de Mandirituba. s.n.t. 21p. datil.
- MARINI, O. J.; TREIN, E.; FUCK, R. A. (1970) Mandirituba; folha geológica. Curitiba :Comissão da Carta Geológica do Paraná. Esc. 1:70.000.
- MELCHER, G. C.; GOMES, C. B.; CORDANI, U. G.; BETTENCOURT, J. S.; DAMASCENO, E. C.; GIRARDI, V. A. V.; MELFI, A. J. (1973) Geologia e

- petrologia das rochas metamórficas e graníticas associadas do vale do rio Ribeira de Iguape, SP e PR. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v.3, n.2, p.97-123.
- MELCHER, G. C. et al. (1971) Geologia da folha de Apiaí, SP e PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25., São Paulo, 1971. Anais. São Paulo :Sociedade Brasileira de Geologia. 3v. v.1, p.101.
- MINEROPAR. (1990) Perfil do setor de granitos e mármore do estado do Paraná. Curitiba. 32p.
- MONACO, O. ; ZIR FILHO, J. A. ; VALENTINI, N. (1974) Carta geológica do Brasil ao milionésimo; folha Asunción (SG. 21) e folha Curitiba (SG. 22). Brasília, DNPM. 81p.
- MORGENTAL, A. et al. (1975) Projeto SUDELPA; relatório final. São Paulo :SUDELPA/CPRM. 18v.
- MURATORI, A.; TREIN, E.; FUCK, R. A. (1969a) Pedra Branca de Araraquara; folha geológica. Curitiba :Comissão da Carta Geológica do Paraná. Esc. 1:70.000.
- MURATORI, A. ; TREIN, E.; FUCK, R. A. (1969b) Serra da Igreja; folha geológica. Curitiba :Comissão da Carta Geológica do Paraná. Esc. 1:70.000.
- OLIVEIRA, A. J. de & LEONARDOS, O. H. (1943) Geologia do Brasil. 2 ed. rev. atual. Rio de Janeiro :Serviço de Informação Agrícola. 813p. (Série Didática, n.2).
- OLIVEIRA, E. P. de. (1916) Geologia do estado do Paraná. Boletim do Ministério de Agricultura, Indústria e Comércio, Rio de Janeiro, v.5, n.1, p.67-143.
- OLIVEIRA, E. P. de. (1925) Mapa geológico do estado do Paraná. s.l., s.ed. Esc. 1:1.000.000.
- OLIVEIRA, E. P. de. (1927) Geologia e recursos minerais do estado do Paraná. Monografias do Serviço Geológico e Mineralógico, Rio de Janeiro, n.6, p.1-172.
- OLIVEIRA, M. C. B. de. (1989) Petrologia do maciço granítico Mandira-SP. São Paulo :USP/Instituto de Geociências/Programa de Pós-Graduação em Mineralogia e Petrologia. 178p. Dissertação de mestrado.

- OLIVEIRA, M. C. B. de & XAVIER, R. P. (1992) Caracterização dos fluidos nos processos tardi a pós-magmáticos do granito Mandira, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37., São Paulo, 1992. Boletim de Resumos Expandidos. São Paulo :Sociedade Brasileira de Geologia. v.1, p.367-368.
- OLIVEIRA, M. C. B. de; RODRIGUES, E. P.; COUTINHO, J. M. V.; MARTINS, F. A. G.; FIGUEIREDO, M. C. H.; ZAPPAROLLI, L. H. (1987) Petrologia de parte do maciço granítico Guaraú-SP. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 3., Curitiba, 1987. Atas. Curitiba :Sociedade Brasileira de Geologia. 2v. v.2, p.571-594.
- PAIVA, I. P.; BATOLLA JÚNIOR, F.; CARVALHO, M. A. da S.; COLANERI, S.; AGUIAR NETO, A. (1977) Folha Apiaí, SG.23-X-B-V. In: BATOLLA JÚNIOR, F. et al. Projeto leste do Paraná. relatório final. São Paulo :DNPM/BADEP/IGUFP/CPRM. 3v. (Relatório do Arquivo Técnico da DGM, 2689) v.1, anexos 1 e 2.
- PEARCE, J. A.; HARRIS, N. B. W.; TINDLE, A. G. (1984) Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. Journal of Petrology, London, v.25, n.4, p.956-983.
- PERROTTA, M. M. & MORAIS, S. M. (1992) A suite mangerito-norítica, Curitiba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37., São Paulo, 1992. Boletim de Resumos Expandidos. São Paulo : Sociedade Brasileira de Geologia. v.1, p.417.
- REIS NETO, J. M. dos. (1994) Faixa Itaiacoca: registro de uma colisão entre dois blocos continentais no neoproterozóico. São Paulo :USP/Instituto de Geociências em Geoquímica e Geotectônica. 253p. Tese de doutoramento.
- SARTORI, P. L. P. & RÜEGG, N. R. (1979) O complexo granítico São Sepé, Rio Grande do Sul, e a evolução das rochas graníticas da região orogênica do sudeste. Boletim do Instituto de Geociências, São Paulo, v.10, p.69-78.
- SHAW, D. M. (1968) A review of K-Rb fractionation trends by covariance analysis. Geochimica et Cosmochimica Acta, London, v.32, p.573-601.
- SIGA JÚNIOR, O. (1995) Domínios tectônicos do sudeste do Paraná e nordeste de Santa Catarina: geocronologia e evolução crustal. São Paulo :USP/Instituto de Geociências/Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica. 212p.

- SIGA JÚNIOR, O.; BASEI, M. A. S.; KAWASHITA, K. (1990) Perfil térmico K-Ar através do maciço Joinville (PR e SC) e do cinturão Dom Feliciano (SC)- implicações tectônicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36., Natal, 1990. Anais. Natal :SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA. 6v. v.6, p.2773-2785.
- SIGA JÚNIOR, O.; BASEI, M. A. S.; MACHIAVELLI, A. (1991) Compartimentação geológico-geotectônica do maciço de Joinville, PR e SC. Boletim IG-USP, Publicação Especial, São Paulo, n.9, p.67-73.
- SIGA JÚNIOR, O.; BASEI, M. A. S.; REIS NETO, J. M. dos; BUBA, R. M. (1994) Maciços graníticos da porção sudeste do Paraná e nordeste de Santa Catarina: geocronologia e implicações tectônicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38., Balneário Camboriú, 1994. Boletim de Resumos Expandidos. Florianópolis :Sociedade Brasileira de Geologia. 3v. v.2, p.400-401.
- SIGA JÚNIOR, O.; BASEI, M. A. S.; REIS NETO, J. M. dos; MACHIAVELLI, A.; HARARA, O. M. (1995) O complexo Atuba: um cinturão paleoproterozóico intensamente retrabalhado no neoproterozóico. Boletim IG/USP. Série Científica, v. 26, p.69-94.
- SILVA, A. T. S. F. da. (1981a) Mapa geológico; folha Antonina (SG.22-X-D-II). In: BATOLLA JÚNIOR, F. et al. Projeto integração e detalhe geológico no vale do Ribeira; relatório final. São Paulo :DNPM/CPRM. 15v. v.2, anexos, mapa 13. Esc. 1:100.000.
- SILVA, A. T. S. F. da. (1981b) Mapa geológico; folha Eldorado Paulista (SG.22-X-B-IV). In: BATOLLA JÚNIOR, F. et al. Projeto integração e detalhe geológico no vale do Ribeira; relatório final. São Paulo :DNPM/CPRM. 15v. v.2, anexo 1, mapa 9. Esc. 1:100.000.
- SILVA, A. T. S. F. da. (1981c) Mapa geológico; folha Guaraqueçaba (SG.22-X-D-III). In: BATOLLA JÚNIOR, F. et al. Projeto integração e detalhe geológico no vale do Ribeira; relatório final. São Paulo :DNPM/CPRM. 15v. v.2, anexo1, mapa 14. Esc. 1:100.000.
- SILVA, L. C. (1984) Os terrenos metamórficos de médio e alto grau do pré-cambriano de Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33., Rio de Janeiro :Sociedade Brasileira de Geologia. 12v. v.7, p.3069-3080.

- SILVA, L. C. da. (1987) Geologia do pré-cambriano/eopaleozóico de Santa Catarina. In: SILVA, L. C. da & BORTOLUZZI, C. A.(eds.) Textos básicos de geologia e recursos minerais de Santa Catarina. Mapa geológico do estado de Santa Catarina escala 1:500.000; texto explicativo e mapa. Florianópolis :DNPM/CPRM. 216p. (Série: Mapas e Cartas de síntese, n.3. Seção Geologia, n.3) p.11-90.
- SOARES, P. C. (1988) Tectônica colisional em torno de bloco Paraná, Brasil. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE GEOLOGIA, 7., Belém, 1988. Anais. Belém :Sociedade Brasileira de Geologia. v.1, p.63-79.
- SOARES, P. C.; CHIODI FILHO, C.; SANTOS, J. F. dos; MORETZSHON, J. S.; GÓIS, J. R. de. (1988). Alguns resultados na utilização de sensoriamento remoto em geologia exploratória no Paraná. s.l., s.ed. n.p. datil.
- TRAININI, D. R. (1974) Projeto Campo Alegre/74; relatório final. Porto Alegre :CNEN/CPRM/DNPM. 67p.
- TREIN, E. (1967) Geologia da folha de Tijucas do Sul. s.l., s.ed. 36p. datil.
- TREIN, E.; FUCK, R. A.; MURATORI, A. (1969a) Tijucas do Sul; folha geológica. Curitiba :Comissão da Carta Geológica do Paraná. Esc. 1:70.000.
- TREIN, E.; MURATORI, A. ; BASUMALLICK, S.; FUCK, R. A.; MARINI, O. J. (1969b) Piên; folha geológica. Curitiba :Comissão da Carta Geológica do Paraná. Esc. 1:70.000.
- TREUIL, M. & VARET, J. (1973) Critères volcanologiques, pétrologiques et géochimiques de la genèse et de la différenciation des magmas basaltiques: exemple de l'Afar. Bulletin de la Société Géologique de France 7^a Série, Paris, v.15, n.5/6, p. 506-540.
- VALIATI, D. (1974) Projeto sondagem Campo Alegre; relatório final. Porto Alegre :CNEN/DEM/CPRM. 66p.
- WERNICK, E. (1979) O magmatismo granitóide das regiões de dobramento nordeste e sudeste do Brasil. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v.9, n.2, p.122-139.

- WERNICK, E. (1982) Contribuição à caracterização das linhagens de granitóides brasileiros do sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32., Salvador, 1982. Anais. Salvador :Sociedade Brasileira de Geologia. 5v. v.2, p.490-499.
- WERNICK, E. (1990) Zoneamento magmático regional de granitóides brasileiros no sudeste/sul do Brasil: implicações geotectônicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36., Natal, 1990. Anais. Natal :Sociedade Brasileira de Geologia. 6v. v.4, p. 1668-1683.
- WERNICK, E. & GOMES, C. de B. (1974) Granitos e metamorfismo no vale do Ribeira, SP e PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., Porto Alegre :Sociedade Brasileira de Geologia. 7v. v.5, p.145-154.
- WERNICK, E. & GOMES, C. de B. (1977) Geoquímica de maciços graníticos da região do Ribeira, parte 3: considerações petrológicas. Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, v.49, n.1, p.157-169.
- WERNICK, E. & PENALVA, F. (1978) Contribuição ao conhecimento das rochas granitóides do sul do Brasil. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v.8, n.2, p.113-133.

APÊNDICE 1

DADOS GEOQUÍMICOS

GRANITO AGUDOS

UNIDADE	PAMITO 1		SERRA DO TRONCO					
N.º CAMPO Nº ORDEM ROCHA ⁺	PK-038 (57) A	PK-037 (56) A	PK-074 (63) B	PK-055 (59) C	PK-054.R (58) C	PK-54 (58) C	PK-032 (55) C	PK-061 (1) C
SiO ₂	71,51	73,67	73,87	74,48	74,05	75,23	75,14	75,40
Al ₂ O ₃	13,91	13,70	13,29	13,02	13,02	12,51	12,83	12,66
Fe ₂ O ₃	2,23	2,01	2,04	1,53	1,64	1,72	1,46	1,80
MgO	0,50	0,38	0,27	0,14	0,16	0,16	0,07	0,12
CaO	1,72	1,22	0,83	0,57	0,71	0,66	0,57	0,67
Na ₂ O	3,65	3,61	3,76	3,89	3,88	3,76	4,09	3,87
K ₂ O	4,40	5,03	5,46	5,08	5,13	5,02	4,49	4,82
P ₂ O ₅	0,04	0,04	0,03	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01
MnO	0,05	0,05	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04
TiO ₂	0,25	0,23	0,26	0,14	0,17	0,17	0,09	0,16
P.F.	0,74	0,50	0,31	0,46	0,56	0,57	0,46	0,52
TOTAL	99,00	100,44	100,17	99,36	99,36	99,87	99,28	100,09
H ₂ O ⁻	0,13	0,09	0,09	0,09	0,20	0,20	0,08	0,07
Na ₂ O+K ₂ O	8,05	8,64	9,22	8,97	9,01	8,78	8,58	8,69
K ₂ O/Na ₂ O	1,20	1,39	1,45	1,30	1,32	1,33	1,10	1,24
IA	0,58	0,63	0,91	0,69	0,92	0,70	0,67	0,92
A/CNK	1,00	1,00	0,98	1,00	0,98	0,97	1,01	0,99
F/FM	0,69	0,72	0,79	0,84	0,84	0,84	0,91	0,88
Zr	177	176	215	130	162	164	145	179
Y	15	28	29	40	37	37	61	39
Rb	159	212	170	238	-	233	385	338
Nb	14	27	37	40	-	-	52	46
Sr	337	187	79	47	62	53	20	36
Ba	1367	865	491	261	290	267	135	185
V	16	18	28	<15	<15	<15	<15	<15
K/Rb	229,74	196,98	266,64	177,20	-	178,87	96,82	118,34
Rb/Sr	0,47	1,13	2,15	5,06	-	4,40	19,25	9,39
Ba/Rb	8,60	4,08	2,89	1,10	-	1,14	0,35	0,55
Ba/Sr	4,06	4,62	6,21	5,55	4,68	5,04	6,75	5,14
La	41,920	55,710	80,850	71,060	-	64	24,990	57,810
Ce	87,900	109,600	172,400	153,300	-	-	58,360	128,200
Nd	33,530	39,390	54,830	50,360	-	-	25,530	42,760
Sm	5,073	6,074	9,401	8,746	-	-	5,768	7,388
Eu	0,731	0,671	0,720	0,454	-	-	0,230	0,424
Gd	3,143	4,121	6,588	6,303	-	-	4,760	5,257
Dy	2,815	4,214	6,132	6,671	-	-	6,382	5,838
Ho	0,547	0,869	1,229	1,383	-	-	1,353	1,244
Er	1,404	2,483	3,326	3,972	-	-	4,031	3,737
Yb	1,487	2,628	3,041	4,480	-	-	4,389	4,467
Lu	0,196	0,336	0,362	0,520	-	-	0,546	0,556
Ce _n /Yb _n	16,41	11,58	15,75	9,51	-	-	3,69	7,97
Ce _n /Sm _n	4,33	4,51	4,58	4,37	-	-	2,53	4,34
Gd _n /Yb _n	1,75	1,30	1,79	1,16	-	-	0,90	0,97
Eu/Eu*	0,52	0,39	0,26	0,18	-	-	0,13	0,20

⁺

A= Biotita monzogranito de granulação fina

B= Hornblenda biotita sienogranito de granulação média a fina

C = Biotita sienogranito de granulação média

GRANITO AGUDOS

UNIDADE	SERRA DO TRONCO			PIADOR-CABRAL			
Nº CAMPO	PK-057	PK-060	PK-031	PK-076	PK-075	PK-085	PK-082
Nº ORDEM	(60)	(61)	(54)	(3)	(2)	(4)	(65)
ROCHA ⁺	A	A	A	B	B	B	C
SiO ₂	76,05	76,15	76,49	72,09	73,97	74,24	56,75
Al ₂ O ₃	12,45	12,31	12,43	14,39	15,04	14,81	15,20
Fe ₂ O ₃	1,23	1,16	1,38	2,21	1,48	0,87	9,44
MgO	0,02	<0,01	0,02	0,17	0,07	0,16	3,37
CaO	0,46	0,43	0,47	0,67	0,98	1,01	5,46
Na ₂ O	4,26	4,10	4,24	4,47	5,54	5,37	4,00
K ₂ O	4,43	4,32	4,26	5,27	3,65	3,62	3,23
P ₂ O ₅	0,01	<0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,62
MnO	0,04	0,02	0,03	0,02	0,01	0,03	0,15
TiO ₂	0,03	0,07	0,04	0,16	0,13	0,09	1,84
P.F.	0,39	0,51	0,42	0,23	0,35	0,46	0,57
TOTAL	99,37	99,06	99,80	99,78	101,25	100,72	100,63
H ₂ O ⁻	0,06	0,09	0,05	0,12	0,10	0,13	0,05
Na ₂ O+K ₂ O	8,69	8,42	8,50	9,74	9,19	8,99	7,23
K ₂ O/Na ₂ O	1,04	1,05	1,00	1,18	0,66	0,67	0,81
IA	0,95	0,93	0,68	0,91	0,87	0,86	0,66
A/CNK	0,98	1,01	1,00	1,01	1,01	1,01	0,76
F/FM	0,97	1,00	0,97	0,87	0,91	0,73	0,58
Zr	119	90	128	188	161	37	339
Y	74	54	54	42	115	<10	41
Rb	320	427	256	167	82	88	76
Nb	-	-	50	-	-	-	22
Sr	9	5	6	534	791	889	445
Ba	<10	10	<10	1569	1707	1381	1240
V	<15	<15	<15	<15	21	<15	154
K/Rb	115,00	84,07	138,15	261,98	369,54	341,51	352,83
Rb/Sr	35,56	85,40	42,67	0,31	0,10	0,10	0,17
Ba/Rb	<0,03	0,02	<0,04	9,39	20,82	15,69	16,31
Ba/Sr	<1,11	2,00	<1,67	2,99	2,16	1,55	2,79
La	<15	<15	20,270	<15	195	<15	79,090
Ce	-	-	56,180	-	-	-	180,700
Nd	-	-	29,360	-	-	-	84,810
Sm	-	-	7,252	-	-	-	16,130
Eu	-	-	0,091	-	-	-	3,289
Gd	-	-	4,871	-	-	-	12,280
Dy	-	-	8,717	-	-	-	11,310
Ho	-	-	1,814	-	-	-	2,190
Er	-	-	5,253	-	-	-	5,538
Yb	-	-	6,135	-	-	-	4,409
Lu	-	-	0,750	-	-	-	0,514
Ce _n /Yb _n	-	-	2,54	-	-	-	11,39
Ce _n /Sm _n	-	-	1,94	-	-	-	2,80
Gd _n /Yb _n	-	-	0,66	-	-	-	2,30
Eu/Eu*	-	-	0,05	-	-	-	0,69

+

A = Biotita sienogranito de granulação média
 B = Hornblenda biotita sienogranito de granulação média
 C = Gabro (associado ao Granito Agudos)

GRANITO MORRO REDONDO

UNIDADE	PAPANDUVA							
Nº CAMPO Nº ORDEM ROCHA ⁺	PK-089 (99) A	PK-099 (106) A	PK-104 (110) A	PK-090 (100) A	PK-100 (107) A	PK-105 (111) A	PK-093 (43) A	PK-092 (101) A
SiO ₂	74,37	74,39	74,88	75,42	75,49	75,55	75,74	76,39
Al ₂ O ₃	11,14	10,88	11,77	10,93	11,59	11,59	10,61	10,14
Fe ₂ O ₃	3,24	3,76	2,44	3,15	2,89	3,20	3,61	4,52
MgO	0,02	<0,01	0,03	<0,01	0,01	0,07	0,01	0,01
CaO	0,28	0,42	0,06	0,07	0,14	0,23	0,22	0,21
Na ₂ O	4,35	3,88	4,13	4,19	4,73	4,29	4,54	4,82
K ₂ O	4,78	4,53	4,87	4,70	4,41	4,73	4,20	3,06
P ₂ O ₅	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	<0,01	0,01
MnO	0,06	0,08	0,04	0,06	0,05	0,06	0,06	0,11
TiO ₂	0,21	0,25	0,12	0,19	0,13	0,27	0,18	0,15
P.F.	0,21	0,21	0,20	0,24	0,15	0,21	0,09	0,12
TOTAL	98,66	98,40	98,56	98,97	99,60	100,24	99,26	99,55
H ₂ O ⁻	0,05	0,04	0,06	0,09	0,04	0,07	0,04	0,05
Na ₂ O+K ₂ O	9,13	8,41	9,00	8,89	9,14	9,02	8,74	7,88
K ₂ O/Na ₂ O	1,10	1,17	1,18	1,12	0,93	1,10	0,92	0,63
IA	1,11	1,04	1,02	1,10	1,08	1,05	1,13	1,11
A/CNK	0,87	0,90	0,96	0,90	0,90	0,92	0,85	0,87
F/FM	0,99	1,00	0,98	1,00	0,99	0,96	0,99	0,99
Zr	811	313	412	737	1016	897	1044	685
Y	132	134	25	36	68	70	118	240
Rb	150	120	154	173	219	105	174	84
Nb	-	-	-	-	62	50	59	-
Sr	12	5	<5	<5	5	7	7	5
Ba	62	50	77	<10	38	115	32	14
V	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15
K/Rb	264,67	313,33	262,54	225,54	167,18	373,98	200,39	302,43
Rb/Sr	12,50	24,00	<30,80	>34,6	43,80	15,00	24,86	16,80
Ba/Rb	0,41	0,42	0,50	<0,06	0,17	1,09	0,18	0,17
Ba/Sr	5,17	10,00	<15,40	<2,00	7,60	16,43	4,57	2,80
La	159	221	23	32	40,180	113,700	67,670	27
Ce	-	-	-	-	88,590	239,900	157,200	-
Nd	-	-	-	-	34,370	95,700	65,830	-
Sm	-	-	-	-	7,472	17,380	15,850	-
Eu	-	-	-	-	0,363	0,804	0,647	-
Gd	-	-	-	-	6,827	11,800	15,120	-
Dy	-	-	-	-	9,516	11,400	18,750	-
Ho	-	-	-	-	2,177	2,434	4,139	-
Er	-	-	-	-	7,233	7,335	13,090	-
Yb	-	-	-	-	8,611	8,535	14,080	-
Lu	-	-	-	-	1,126	1,127	1,849	-
Ce _n /Yb _n	-	-	-	-	2,86	7,81	3,10	-
Ce _n /Sm _n	-	-	-	-	2,96	3,45	2,48	-
Gd _n /Yb _n	-	-	-	-	0,65	1,14	0,89	-
Eu/Eu*	-	-	-	-	0,15	0,16	0,12	-

+

A = Riebeckita ± aegirina álcali-feldspato granito

GRANITO MORRO REDONDO

UNIDADE	QUIRIRI						
Nº CAMPO Nº ORDEM ROCHA [†]	PK-117 (114) A	PK-111 (113) A	PK-119 (116) A	PK-095 (102) A	PK-121 (42)	PK-098 (105) A	PK118 (115) A
SiO ₂	73,17	74,53	744,91	75,07	75,07	75,43	75,52
Al ₂ O ₃	13,27	12,93	12,61	12,67	12,61	12,55	12,60
Fe ₂ O ₃	1,90	1,57	1,45	1,42	1,58	1,22	1,16
MgO	0,39	0,20	0,15	0,14	0,20	0,14	0,14
CaO	1,13	0,68	0,65	0,76	0,77	0,65	0,49
Na ₂ O	3,59	3,61	3,50	3,51	3,49	3,39	3,45
K ₂ O	4,56	5,11	4,88	5,04	4,92	5,07	5,33
P ₂ O ₅	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	<0,01
MnO	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02
TiO ₂	0,22	0,21	0,17	0,18	0,19	0,16	0,19
P.F.	0,78	0,57	0,46	0,44	0,63	0,45	0,59
TOTAL	99,08	99,50	98,84	99,27	99,52	99,11	99,53
H ₂ O ⁺	0,19	0,14	0,13	0,09	0,09	0,16	0,19
Na ₂ O+K ₂ O	8,15	8,72	8,38	8,55	8,41	8,46	8,78
K ₂ O/Na ₂ O	1,27	1,41	1,39	1,43	1,41	1,49	1,54
IA	0,82	0,89	0,88	0,89	0,88	0,88	0,91
A/CNK	1,03	1,02	1,03	1,00	1,01	1,02	1,02
F/FM	0,71	0,80	0,83	0,83	0,80	0,81	0,80
Zr	158	179	150	153	166	141	157
Y	38	39	47	49	53	61	60
Rb	100	176	152	144	163	153	138
Nb	28	25	-	38	-	-	-
Sr	170	72	51	59	61	53	50
Ba	1237	683	577	589	628	590	582
V	<15	11	16	<15	7	<15	<15
K/Rb	378,57	241,04	266,54	290,57	250,59	275,10	320,65
Rb/Sr	0,59	2,44	2,98	2,44	2,67	2,89	2,76
Ba/Rb	12,37	3,88	3,80	4,09	3,85	3,86	4,22
Ba/Sr	7,28	9,49	11,31	9,98	10,29	11,13	11,64
La	98,180	57,620	69	72,360	70	78	59
Ce	179,000	123,700	-	144,000	-	-	-
Nd	59,360	42,130	-	47,990	-	-	-
Sm	9,929	7,371	-	9,651	-	-	-
Eu	0,999	0,640	-	0,638	-	-	-
Gd	7,308	5,420	-	7,756	-	-	-
Dy	6,814	5,807	-	8,331	-	-	-
Ho	1,380	1,192	-	1,748	-	-	-
Er	3,821	3,364	-	5,123	-	-	-
Yb	3,368	3,695	-	4,974	-	-	-
Lu	0,411	0,450	-	0,605	-	-	-
Ce _n /Yb _n	14,76	9,30	-	8,04	-	-	-
Ce _n /Sm _n	4,51	4,19	-	3,73	-	-	-
Gd _n /Yb _n	1,79	1,21	-	1,29	-	-	-
Eu/Eu*	0,34	0,29	-	0,22	-	-	-

†

A = Biotita sienogranito

GRANITO MORRO REDONDO

GRANITO ANHANGAVA

UNIDADE	QUIRIRI					SERRA DO BAITACA	
Nº CAMPO Nº ORDEM ROCHA ⁺	PK-097 (104) A	PK-110 (112) A	PK-101 (108) A	PK-120 (41) A	PK-102 (44) A	PK-029 (73) B	PK-020 (12) A
SiO ₂	75,55	75,56	75,68	75,68	76,14	70,35	73,37
Al ₂ O ₃	12,58	12,79	12,61	12,98	12,87	14,78	13,78
Fe ₂ O ₃	1,15	1,46	1,42	1,62	1,22	3,10	2,09
MgO	0,13	0,18	0,09	0,20	0,10	0,14	0,17
CaO	0,27	0,72	0,48	0,77	0,38	0,84	0,92
Na ₂ O	3,28	3,49	3,57	3,61	3,35	5,05	4,11
K ₂ O	5,15	5,12	5,03	5,15	5,29	5,19	5,15
P ₂ O ₅	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,03	0,05
MnO	0,02	0,03	0,02	0,03	0,01	0,04	0,04
TiO ₂	0,17	0,18	0,13	0,20	0,17	0,23	0,17
P.F.	0,68	0,45	0,52	0,62	0,65	0,48	0,39
TOTAL	99,00	99,99	99,58	100,89	100,20	99,75	100,27
H ₂ O ⁻	0,23	0,14	0,13	0,11	0,22	0,72	0,09
Na ₂ O+K ₂ O	8,43	8,61	8,60	8,76	8,64	10,24	9,26
K ₂ O/Na ₂ O	1,57	1,47	1,41	1,43	1,58	1,03	1,25
IA	0,87	0,88	0,90	0,89	0,87	0,94	0,90
A/CNK	1,10	1,01	1,03	1,00	1,08	0,95	0,98
F/FM	0,82	0,80	0,89	0,80	0,86	0,92	0,86
Zr	173	163	143	161	147	523	257
Y	27	109	73	84	71	73	46
Rb	150	134	132	157	144	296	257
Nb	-	-	45	-	45	58	30
Sr	42	61	53	65	46	42	75
Ba	559	656	473	654	617	228	392
V	<15	<15	10	<15	<15	<15	<15
K/Rb	285,03	317,21	316,36	272,32	304,98	145,56	166,36
Rb/Sr	3,57	2,20	2,49	2,41	3,13	7,05	3,43
Ba/Rb	3,73	4,89	3,58	4,16	4,28	0,77	1,52
Ba/Sr	13,31	10,75	8,92	10,06	13,41	5,43	5,23
La	54	115	102,500	134	112,400	84,240	22,930
Ce	-	-	147,400	-	185,700	177,000	60,920
Nd	-	-	73,470	-	74,630	77,060	24,710
Sm	-	-	14,840	-	14,180	14,360	4,821
Eu	-	-	0,804	-	0,845	0,618	0,426
Gd	-	-	11,460	-	10,750	11,160	3,942
Dy	-	-	11,790	-	11,380	13,520	4,948
Ho	-	-	2,422	-	2,308	2,728	1,072
Er	-	-	6,844	-	6,382	7,491	3,310
Yb	-	-	6,545	-	5,873	6,673	3,756
Lu	-	-	0,767	-	0,696	0,752	0,510
Ce _n /Yb _n	-	-	6,25	-	8,78	7,36	4,50
Ce _n /Sm _n	-	-	2,48	-	3,27	3,08	3,16
Gd _n /Yb _n	-	-	1,45	-	1,51	1,38	0,87
Eu/Eu*	-	-	0,18	-	0,20	0,14	0,29

⁺ A = Biotita sienogranito

B = Biotita álcali-feldspato granito

GRANITO ANHANGAVA

UNIDADE	SERRA DO BAITACA				SERRA DA BOA VISTA			
Nº CAMPO	PK-020a	PK-049	PK-021	PK-028	PK-022	PK-022a	PK-026	PK-030
Nº ORDEM	(12)	(76)	(66)	(72)	(67)	(67)	(70)	(74)
ROCHA ⁺	A	B	C	C	D	E	F	D
SiO ₂	73,49	73,46	75,13	76,23	69,19	73,31	74,08	74,16
Al ₂ O ₃	13,25	13,21	12,73	12,04	14,26	13,66	13,76	13,14
Fe ₂ O ₃	2,26	2,01	1,89	1,54	3,74	2,29	1,91	2,21
MgO	0,23	0,16	0,05	0,01	0,12	0,04	0,01	0,01
CaO	0,89	0,93	0,56	0,39	1,05	0,69	0,47	0,50
Na ₂ O	3,84	4,00	4,25	4,31	5,13	4,55	4,94	4,88
K ₂ O	4,63	4,84	4,55	4,38	5,07	5,13	4,85	4,67
P ₂ O ₅	0,04	0,02	0,03	0,01	0,04	0,01	0,01	0,01
MnO	0,05	0,04	0,06	0,04	0,11	0,06	0,04	0,05
TiO ₂	0,19	0,20	0,11	0,05	0,27	0,13	0,11	0,11
P.F.	0,46	0,48	0,41	0,49	0,50	0,60	0,44	0,42
TOTAL	99,34	99,35	99,77	99,49	99,49	100,48	100,61	99,74
H ₂ O ⁻	0,07	0,07	0,10	0,10	0,11	0,11	0,07	0,06
Na ₂ O+K ₂ O	8,47	8,84	8,80	8,69	10,20	9,68	9,79	9,55
K ₂ O/Na ₂ O	1,20	1,21	1,07	1,02	0,99	1,13	0,98	0,96
IA	0,85	0,89	0,94	0,98	0,98	0,96	0,97	1,00
A/CNK	1,02	0,98	0,98	0,96	0,90	0,95	0,96	0,94
F/FM	0,83	0,86	0,95	0,99	0,94	0,97	0,99	0,99
Zr	182	248	259	331	705	487	203	1104
Y	27	51	52	71	84	75	51	118
Rb	303	-	193	264	291	316	181	356
Nb	20	-	45	64	47	50	41	71
Sr	91	64	25	7	23	11	11	<5
Ba	462	311	150	35	110	86	36	23
V	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15
K/Rb	126,86	-	195,72	137,74	144,64	134,77	222,46	108,90
Rb/Sr	3,33	-	7,72	37,71	12,65	28,73	16,45	0,00
Ba/Rb	1,52	-	0,78	0,13	0,38	0,27	0,20	0,06
Ba/Sr	5,08	4,86	6,00	5,00	4,78	7,82	3,27	0,00
La	48,510	42	28,360	21,610	31,200	60,400	59,240	45,890
Ce	103,700	-	76,120	54,090	85,890	133,900	132,400	110,500
Nd	35,510	-	30,350	24,240	39,370	51,630	55,580	51,630
Sm	5,446	-	6,244	5,607	8,786	9,754	10,370	11,980
Eu	0,598	-	0,341	0,171	0,492	0,379	0,341	0,267
Gd	3,629	-	5,086	5,145	8,185	7,430	7,514	10,190
Dy	3,533	-	5,715	7,891	10,010	8,099	7,492	14,020
Ho	0,754	-	1,193	1,749	2,010	1,800	1,478	2,923
Er	2,270	-	3,470	5,579	5,456	5,069	3,881	8,475
Yb	2,693	-	3,438	6,111	4,847	5,069	3,534	8,319
Lu	0,374	-	0,490	0,743	0,683	0,640	0,415	0,976
Ce _n /Yb _n	10,69	-	6,15	2,46	4,92	7,33	10,40	3,69
Ce _n /Sm _n	4,76	-	3,05	2,41	2,44	3,43	3,19	2,30
Gd _n /Yb _n	1,11	-	1,22	0,70	1,40	1,21	1,76	1,01
Eu/Eu*	0,39	-	0,18	0,09	0,17	0,13	0,11	0,07

+

A = Biotita monzogranito (antólito)

B = Biotita sienogranito

C = Biotita álcali-feldspato granito

D = Riebeckita biotita álcali-feldspato granito

E = Álcali-feldspato granito com biotita e riebeckita

F = Biotita álcali-feldspato granito com riebeckita

GRANITO ANHANGAVA

GRANITO GRACIOSA

UNIDADE	ROÇA NOVA				—	—	—	—
Nº CAMPO Nº ORDEM ROCHA ⁺	PK-025 (69) A	PK-025a (69) A	PK-023 (68) B	PK-027 (71) C	PK-010 (90) D	PK-001 (86) D	PK-019b (27) D	PK-011 (25) D
SiO ₂	63,75	65,27	68,72	75,77	70,52	70,55	73,02	73,09
Al ₂ O ₃	15,91	15,50	14,45	12,48	14,27	14,72	13,50	13,36
Fe ₂ O ₃	6,07	6,06	3,99	1,78	3,04	2,48	2,10	1,92
MgO	0,25	0,20	0,02	0,02	0,63	0,49	0,29	0,28
CaO	1,76	1,74	1,17	0,48	2,14	1,51	1,08	1,13
Na ₂ O	5,61	5,29	4,91	4,38	3,50	4,26	3,63	3,54
K ₂ O	5,65	5,63	5,45	4,46	4,00	4,95	4,91	4,99
P ₂ O ₅	0,08	0,07	0,03	0,01	0,13	0,07	0,04	0,03
MnO	0,20	0,20	0,11	0,03	0,07	0,05	0,05	0,04
TiO ₂	0,50	0,50	0,27	0,09	0,41	0,32	0,23	0,21
P.F.	0,26	0,50	0,53	0,47	0,85	0,37	0,61	0,45
TOTAL	100,02	100,96	99,65	99,98	99,57	99,78	99,46	99,06
H ₂ O ⁻	0,08	0,06	0,23	0,08	0,19	0,06	0,17	0,05
Na ₂ O+K ₂ O	11,26	10,92	10,36	8,84	7,50	9,21	8,54	8,53
K ₂ O/Na ₂ O	1,01	1,06	1,11	1,02	1,14	1,16	1,35	1,41
IA	0,96	0,95	0,97	0,95	0,71	0,84	0,84	0,84
A/CNK	0,86	0,86	0,90	0,97	1,02	0,97	1,02	1,00
F/FM	0,92	0,94	0,99	0,98	0,71	0,72	0,78	0,77
Zr	399	511	1079	283	234	204	198	190
Y	41	46	76	118	22	35	46	30
Rb	138	156	195	273	121	200	231	178
Nb	34	32	45	70	30	25	29	25
Sr	12	10	11	13	369	177	150	181
Ba	146	135	28	95	1369	957	826	959
V	<15	<15	<15	16	33	26	<15	<15
K/Rb	339,85	299,36	232,03	135,63	274,45	205,47	176,46	232,73
Rb/Sr	11,50	15,60	17,73	21,00	0,33	1,13	1,54	0,98
Ba/Rb	1,06	0,86	0,14	0,35	11,31	4,78	3,57	5,39
Ba/Sr	12,17	13,5	2,54	7,31	3,71	5,41	5,51	5,30
La	49,980	61,380	88,420	44,410	41,500	49,690	76,600	61,640
Ce	113,600	136,000	194,100	109,100	94,160	106,600	144,300	134,000
Nd	50,520	60,640	89,520	47,900	34,650	38,800	57,250	45,110
Sm	9,471	10,670	15,920	11,040	5,766	6,752	9,635	7,395
Eu	1,026	0,990	0,510	0,413	1,051	0,851	0,766	0,737
Gd	6,766	7,881	11,370	10,030	3,957	5,135	6,964	4,935
Dy	6,923	7,858	11,700	14,690	3,552	5,549	7,296	4,487
Ho	1,393	1,595	2,377	3,155	0,718	1,151	1,498	0,920
Er	3,805	4,419	6,593	9,584	1,974	3,320	4,243	2,594
Yb	3,600	4,170	6,093	10,010	1,820	3,298	4,251	2,607
Lu	0,484	0,551	0,789	1,146	0,254	0,409	0,539	0,366
Ce _n /Yb _n	8,76	9,05	8,84	3,02	14,37	8,97	9,42	14,27
Ce _n /Sm _n	3,00	3,19	3,05	2,47	4,08	3,95	3,74	4,53
Gd _n /Yb _n	1,55	1,56	1,49	0,83	1,80	1,29	1,35	1,56
Eu/Eu*	0,37	0,31	0,11	0,12	0,64	0,42	0,27	0,35

⁺ A = Hornblenda álcali-feldspato sienito

B = Hornblenda clinopiroxênio quartzo álcali-feldspato sienito com faialita

C = Biotita álcali-feldspato granito

D = Biotita ± hornblenda sienogranito

GRANITO GRACIOSA

GRANITO MARUMBI

UNIDADE							
Nº CAMPO	PK-013	PK-019	PK-012	PK-006	PK-015	PK-016	PK-024
Nº ORDEM	(91)	(27)	(26)	(89)	(95)	(96)	(97)
ROCHA ⁺	A	B	B	C	D	D	D
SiO ₂	60,59	72,07	73,40	76,34	73,96	75,03	76,15
Al ₂ O ₃	15,20	13,73	13,52	11,41	12,99	12,38	12,21
Fe ₂ O ₃	8,13	2,74	2,43	2,50	2,00	1,50	1,48
MgO	1,41	0,24	0,22	0,01	0,12	0,04	0,03
CaO	3,50	0,96	0,90	0,26	0,62	0,43	0,47
Na ₂ O	4,40	4,05	4,10	4,24	3,98	3,79	3,78
K ₂ O	4,14	5,06	4,92	4,35	5,25	5,07	4,95
P ₂ O ₅	0,52	0,05	0,05	0,01	0,02	0,01	0,01
MnO	0,17	0,06	0,05	0,06	0,04	0,03	0,04
TiO ₂	1,35	0,27	0,27	0,15	0,19	0,12	0,12
P.F.	0,18	0,31	0,36	0,26	0,31	0,58	0,47
TOTAL	99,57	99,55	100,24	99,59	99,47	98,99	99,71
H ₂ O ⁻	0,09	0,10	0,11	0,06	0,08	0,08	0,10
Na ₂ O+K ₂ O	8,54	9,11	9,02	8,59	9,23	8,86	8,73
K ₂ O/Na ₂ O	0,94	1,25	1,20	1,02	1,32	1,34	1,31
IA	0,77	0,88	0,89	1,02	0,94	0,94	0,95
A/CNK	0,84	0,99	0,98	0,94	0,97	0,99	0,98
F/FM	0,75	0,85	0,86	0,99	0,89	0,95	0,96
Zr	436	340	303	453	297	169	187
Y	52	61	63	83	68	53	56
Rb	72	154	156	185	207	213	239
Nb	27	23	31	47	32	27	38
Sr	406	94	94	<5	38	13	11
Ba	2049	516	524	6	223	68	63
V	40	<15	<15	<15	<15	<15	<15
K/Rb	477,78	272,78	261,83	195,21	210,55	197,61	379,06
Rb/Sr	0,18	1,64	1,66	-	5,45	16,38	21,73
Ba/Rb	28,46	3,35	3,36	0,03	1,08	0,32	0,26
Ba/Sr	5,05	5,49	5,57	-	5,87	5,23	5,73
La	66,200	65,170	64,270	80,690	110,100	26,500	54,460
Ce	157,800	150,200	140,100	170,100	185,200	65,750	118,100
Nd	73,640	61,900	58,310	81,980	78,030	25,910	45,010
Sm	13,580	12,390	11,830	17,440	12,620	5,165	8,835
Eu	2,713	0,758	0,779	0,370	0,646	0,153	0,249
Gd	9,910	9,797	9,653	13,670	9,297	4,461	6,342
Dy	9,224	10,700	10,450	14,270	10,150	6,031	7,384
Ho	1,826	2,150	2,104	2,840	2,112	1,264	1,505
Er	4,827	5,848	5,739	7,582	6,099	3,704	4,205
Yb	4,000	5,114	4,831	7,476	6,020	3,687	4,505
Lu	0,513	0,654	0,600	0,100	0,779	0,471	0,589
Ce _n /Yb _n	10,09	8,15	8,05	6,32	8,54	4,95	7,28
Ce _n /Sm _n	2,90	3,03	2,96	2,44	3,67	3,18	3,34
Gd _n /Yb _n	1,89	1,58	1,60	1,51	1,28	1,00	1,16
Eu/Eu*	0,68	0,20	0,22	0,07	0,17	0,09	0,10

⁺ A = Hornblenda biotita monzonito

B = Hornblenda biotita álcali-feldspato granito

C = Arfvedsonita álcali-feldspato granito

D = Biotita álcali-feldspato granito

GRANITO CORUPÁ

UNIDADE							
Nº CAMPO	PK-131	PK-127	PK-128	PK-132	PK-126	PK-129	PK-130
Nº ORDEM	(81)	(78)	(79)	(82)	(77)	(15)	(80)
ROCHA ⁺	A	B	B	B	C	D	D
SiO ₂	56,96	62,68	62,97	63,03	67,39	74,89	75,04
Al ₂ O ₃	15,09	15,87	16,38	16,08	14,78	11,79	10,84
Fe ₂ O ₃	9,25	6,33	5,34	5,15	4,61	3,08	4,09
MgO	1,68	0,47	0,47	0,38	0,14	0,02	0,10
CaO	3,76	1,77	1,93	1,59	0,94	0,51	0,46
Na ₂ O	5,29	5,33	5,46	5,37	5,48	4,34	4,29
K ₂ O	3,88	5,67	5,52	5,95	5,45	4,51	4,01
P ₂ O ₅	0,43	0,17	0,16	0,10	0,03	0,01	0,04
MnO	0,22	0,20	0,19	0,18	0,12	0,09	0,10
TiO ₂	1,59	0,85	0,71	0,67	0,42	0,38	0,23
P.F.	0,68	0,35	0,45	0,38	0,39	0,39	0,44
TOTAL	98,84	99,69	99,57	98,90	99,75	100,00	99,62
H ₂ O ⁻	0,39	0,36	0,39	0,33	0,37	0,22	0,33
Na ₂ O+K ₂ O	9,17	11,00	10,98	11,32	10,93	8,85	8,30
K ₂ O/Na ₂ O	0,73	1,06	1,01	1,11	0,99	1,04	0,93
IA	0,85	0,94	0,91	0,95	1,01	1,02	1,05
A/CNK	0,76	0,87	0,88	0,88	0,89	0,91	0,88
F/FM	0,73	0,87	0,85	0,87	0,94	0,99	0,95
Zr	488	353	373	398	1300	949	1110
Y	48	41	30	32	82	290	123
Rb	56	49	54	2	93	164	102
Nb	27	-	25	-	52	129	-
Sr	244	55	76	33	23	17	24
Ba	1163	998	1647	338	219	48	112
V	75	15	<15	<15	<15	17	<15
K/Rb	575,21	960,65	848,65	24.698,50	486,52	228,30	326,38
Rb/Sr	0,23	0,89	0,71	0,06	4,04	9,65	4,25
Ba/Rb	20,77	20,37	30,50	169,00	2,35	0,29	1,10
Ba/Sr	4,77	18,14	21,67	10,24	9,52	2,82	4,67
La	111,100	-	38,730	-	228,200	90,810	-
Ce	236,500	-	93,950	-	461,600	207,800	-
Nd	98,420	-	40,710	-	170,200	92,610	-
Sm	16,090	-	7,253	-	27,160	24,390	-
Eu	2,528	-	2,251	-	1,002	0,472	-
Gd	11,380	-	5,144	-	18,520	26,020	-
Dy	9,379	-	4,712	-	15,350	45,750	-
Ho	1,874	-	0,933	-	3,114	10,610	-
Er	5,040	-	2,467	-	8,610	35,870	-
Yb	4,719	-	2,641	-	8,962	37,150	-
Lu	0,607	-	0,369	-	1,192	4,121	-
Ce _n /Yb _n	10,31	-	9,88	-	14,30	1,55	-
Ce _n /Sm _n	3,67	-	3,24	-	4,25	2,13	-
Gd _n /Yb _n	2,41	-	1,95	-	2,07	0,70	-
Eu/Eu*	0,65	-	1,00	-	0,12	0,05	-

⁺ A = Hornblenda clinopiroxênio sienito de granulação fina

B = Hornblenda ± clinopiroxênio sienito de granulação grossa

C = Arfvedsonita quartzo sienito com aegirina e faialita D = Arfvedsonita álcali-feldspato granito

GRANITO DONA FRANCISCA

GRANITO PIRAI

UNIDADE	—	—	—	—	—
Nº CAMPO	PK-122	PK-112	PK-114	PK-123	PK-125
Nº ORDEM	(85)	(83)	(24)	(117)	(50)
ROCHA ⁺	A	B	A	B	C
SiO ₂	73,42	74,25	-	73,23	75,00
Al ₂ O ₃	12,94	12,97	-	12,98	12,99
Fe ₂ O ₃	1,90	1,77	-	1,54	1,60
MgO	0,20	0,14	-	0,19	0,15
CaO	0,43	0,22	-	0,95	0,43
Na ₂ O	3,63	3,50	-	3,39	3,42
K ₂ O	5,24	5,56	-	5,47	5,54
P ₂ O ₅	0,02	0,02	-	0,02	<0,01
MnO	0,04	0,02	-	0,03	0,07
TiO ₂	0,25	0,23	-	0,22	0,22
P.F.	0,58	0,61	-	1,05	0,58
TOTAL	98,65	99,28	-	99,09	99,99
H ₂ O ⁻	0,24	0,20	-	0,12	0,21
Na ₂ O+K ₂ O	8,87	9,06	-	8,86	8,96
K ₂ O/Na ₂ O	1,44	1,59	-	1,61	1,62
IA	0,90	0,91	-	0,89	0,90
A/CNK	1,04	1,06	-	0,98	1,04
F/FM	0,82	0,86	-	0,80	0,84
Zr	200	219	-	165	175
Y	42	42	-	33	34
Rb	149	141	-	119	146
Nb	-	-	24	-	25
Sr	66	58	-	57	45
Ba	699	810	-	754	542
V	<15	<15	-	<15	<15
K/Rb	291,96	327,37	-	381,61	315,02
Rb/Sr	2,26	2,43	-	2,09	3,24
Ba/Rb	4,69	5,74	-	6,34	3,71
Ba/Sr	10,59	13,96	-	13,23	12,04
La	-	-	56,650	-	63,490
Ce	-	-	115,200	-	128,200
Nd	-	-	38,860	-	41,020
Sm	-	-	6,809	-	7,049
Eu	-	-	0,552	-	0,562
Gd	-	-	4,900	-	5,546
Dy	-	-	5,309	-	5,554
Ho	-	-	1,086	-	1,140
Er	-	-	3,051	-	3,216
Yb	-	-	3,213	-	3,387
Lu	-	-	0,380	-	0,425
Ce _n /Yb _n	-	-	9,95	-	10,51
Ce _n /Sm _n	-	-	4,23	-	4,55
Gd _n /Yb _n	-	-	1,52	-	1,64
Eu/Eu*	-	-	0,26	-	0,25

⁺ A = Microgranito
 B = Granito granofírico
 C = Granito "glasfítico"

APÊNDICE 2

DADOS GEOCRONOLÓGICOS

DADOS RADIOMÉTRICOS Rb-Sr

Nº. ORDEM	Nº. Lab. (SPR)	Nº. CAMPO	ROCHA	Rb (ppm)	Sr (ppm)	Rb ⁸⁷ / Sr ⁸⁷	ERRO	Sr ⁸⁷ / Sr ⁸⁶	ERRO	REF.
--------------	-------------------	--------------	-------	-------------	-------------	--	------	--	------	------

GRANITO AGUDOS

1	11674	PK-061	GRN	289.8	37.3	22.883	0.316	0.89453	0.00006	NT
1	11675	PK-061A	GRN	387.0	4.4	78.805	4.373	1.33535	0.00081	NT
1	11732	PK-061G	GRN	287.5	40.4	20.937	0.289	0.87470	0.00011	NT
1	11733	PK-061L	GRN	313.7	4.5	59.963	3.331	1.18556	0.00038	NT
1	11734	PK-061O	GRN	270.9	36.6	21.769	0.303	0.88125	0.00005	NT
1	11735	PK-061P	GRN	259.3	41.0	18.588	0.257	0.85403	0.00011	NT
1	11736	PK-061Q	GRN	252.8	38.5	19.278	0.267	0.85844	0.00009	NT
1	11737	PK-061S	GRN	250.9	13.9	54.519	0.779	114.502	0.00038	NT
1	11738	PK-061T	GRN	246.3	71.7	10.029	0.281	0.79700	0.00008	NT
1	11739	PK-061X	GRN	215.9	71.9	8.749	0.246	0.77548	0.00009	NT
2	11677	PK-075	GRN	69.9	839.4	0.241	0.033	0.70738	0.00009	NT
3	11678	PK-076	GRN	144.5	567.4	0.737	0.011	0.71165	0.00010	NT
4	11679	PK-085	GRN	89.7	938.3	0.277	0.004	0.70776	0.00005	NT
5	11680	PK-086	GRN	119.2	998.3	0.346	0.005	0.70794	0.00008	NT
6	540	VG-227	GRN	187.0	153.5	3.536	0.010	0.73430	0.00009	01
7	UK	MJ-109-A.1	GRN	194.0	253.0	2.223	0.062	0.72505	0.00000	02
7	9626	MJ-109-B.3	GRN	171.8	257.1	1.937	0.055	0.72338	0.00005	02
7	9626	MJ-109-C.2	GRN	178.5	214.3	2.415	0.068	0.72668	0.00006	02
7	9626	MJ-109-D.1	GRN	174.3	232.5	2.173	0.061	0.72494	0.00008	02
8	9629	MJ-128.B	GRN	183.0	170.6	3.112	0.088	0.73361	0.00005	02
8	9630	MJ-128.A	GRN	227.0	145.2	4.540	0.128	0.74317	0.00005	02
9	9934	MJ-131	GRN	91.9	1212.2	0.219	0.001	0.707370	0.00009	02
10	9935	MJ-129.A	GRN	85.1	1043.8	0.236	0.001	0.707280	0.00006	02
11	11116	MJ-RTO	GRN	60.3	1346.6	0.130	0.004	0.70734	0.00057	02
11	11117	MJ-ANF	GRN	113.0	363.0	0.909	0.026	0.71024	0.00008	02
11	11118	MJ-BIO	GRN	384.0	263.0	4.225	0.119	0.73152	0.00006	02

GRANITO ANHANGAVA

12	11553	PK-020B	GRN	241.0	69.6	10.100	0.283	0.787600	0.00008	NT
12	11554	PK-020F	GRN	270.6	71.4	11.053	0.310	0.785860	0.00012	NT
12	11555	PK-020G	APL	328.8	30.1	32.378	0.894	0.952560	0.00014	NT
12	11556	PK-020I	GRN	250.1	79.1	9.236	0.259	0.80237	0.00012	NT
12	11557	PK-020J	GRN	291.4	104.4	8.125	0.228	0.76690	0.00007	NT
12	11558	PK-020K	GRN	254.9	109.3	6.786	0.191	0.76196	0.00010	NT
12	11559	PK-020L	GRN	248.7	99.5	7.273	0.204	0.76299	0.00011	NT
12	12017	PK-020T	GRN	241.9	58.2	12.132	0.340	0.79479	0.00013	NT
13	9757	MJ-291.A	GRN	190.5	27.4	20.508	0.116	0.89525	0.00029	02
13	11350	MJ-291.H	GRN	133.1	23.8	16.426	0.278	0.87039	0.00067	02
13	11351	MJ-291.I	GRN	133.4	27.3	14.370	0.241	0.83711	0.00014	02
13	11352	MJ-291.J	GRN	222.7	23.0	28.721	0.492	0.95638	0.00084	02
13	11531	MJ-291.C	GRN	94.9	12.8	45.389	0.851	1.06651	0.00014	02
13	UK	MJ-291.C1	GRN	93.0	11.0	52.579	1.472	1.06716	0.00005	02

Nº. ORDEM	Nº. Lab. (SPR)	Nº. CAMPO	ROCHA	Rb (ppm)	Sr (ppm)	Rb ⁸⁷ / Sr ⁸⁷	ERRO	Sr ⁸⁷ / Sr ⁸⁶	ERRO	REF.
13	10935	MJ-291.B	GRN	20.8	25.3	25.992	0.436	0.97146	0.00024	02
14	133	MO-159	GRN	25.0	92.5	7.050	0.140	0.76000	0.00005	04

GRANITO CORUPÁ

15	11810	PK-129	GRN	177.4	17.5	29.986	0.417	0.93816	0.00008	NT
16	9399	MJ-60.A	GRN	81.8	69.8	3.399	0.096	0.73033	0.00006	02
16	9401	MJ-60.C	GRN	104.1	42.9	7.054	0.199	0.75245	0.00008	02
16	9400	MJ-60.B	GRN	124.1	23.0	15.811	0.190	0.81113	0.00510	02
17	9402	MJ-58.3	GRN	89.7	66.3	3.926	0.111	0.73387	0.00006	02
17	10019	MJ-58.2	GRN	1036.0	28.5	10.600	0.572	0.78003	0.00025	02
18	4860	JC-DT-74	SIE	132.6	12.3	31.918	0.727	0.97170	0.00009	03
19	4620	PK-CW-61	GRN	49.0	46.4	3.060	0.060	0.72830	0.00008	03
20	4636	PK-CW-62	GRN	190.5	13.1	46.920	1.074	1.03950	0.00008	03
21	UK	MJ-163.A	GRN	51.0	39.0	3.795	0.106	0.73666	0.00002	02
21	10939	MJ-163.B	GRN	44.6	35.8	3.615	0.101	0.73432	0.00007	02
21	10940	MJ-163.C	GRN	40.6	33.2	3.549	0.099	0.73565	0.00008	02
21	10941	MJ-163.D	GRN	36.8	53.1	2.009	0.056	0.72250	0.00008	02
22	10942	MJ-164	GRN	36.8	48.1	2.218	0.062	0.72487	0.00011	02
23	10943	MJ-165	GRN	26.7	79.2	0.997	0.027	0.71923	0.00007	02

GRANITO DONA FRANCISCA

24	11808	PK-114	GRN	129.5	54.3	6.942	0.195	0.76589	0.00006	NT
----	-------	--------	-----	-------	------	-------	-------	---------	---------	----

GRANITO GRACIOSA

25	11673	PK-011	GRN	182.7	176.5	3.003	0.085	0.73125	0.00005	NT
25	11544.A	PK-011C	GRN	141.7	476.7	0.861	0.024	0.71378	0.00009	NT
25	11545	PK-011D	GRN	152.3	267.4	1.650	0.047	0.71878	0.00006	NT
25	11546	PK-011E	GRN	125.7	346.6	1.051	0.030	0.71651	0.00016	NT
25	12015	PK-011F	GRN	153.1	155.7	2.853	0.080	0.73320	0.00007	NT
25	12016	PK-011G	GRN	164.2	143.2	3.327	0.094	0.73302	0.00006	NT
26	11547	PK-012A	GRN	160.2	95.9	4.851	0.137	0.74289	0.00012	NT
26	11548	PK-012B	GRN	135.7	109.2	3.608	0.102	0.73877	0.00007	NT
26	11549	PK-012C	GRN	143.6	82.4	5.061	0.143	0.74242	0.00013	NT
26	11550	PK-012D	GRN	158.0	102.0	4.499	0.127	0.74439	0.00009	NT
26	11551	PK-012F	GRN	136.6	99.9	3.972	0.112	0.74525	0.00009	NT
26	11552	PK-012J	GRN	133.8	148.2	2.618	0.074	0.72738	0.00008	NT
26	12018	PK-012K	GRN	131.0	89.9	4.232	0.119	0.74383	0.00012	NT
26	12019	PK-012Q	GRN	142.6	276.1	1.497	0.042	0.72198	0.00007	NT
26	12020	PK-012S	GRN	96.9	605.8	0.463	0.013	0.71139	0.00010	NT
27	11672	PK-019F	GRN	217.4	160.7	3.927	0.111	0.73742	0.00005	NT

Nº. ORDEM	Nº. Lab. (SPR)	Nº. CAMPO	ROCHA	Rb (ppm)	Sr (ppm)	Rb ⁸⁷ / Sr ⁸⁷	ERRO	Sr ⁸⁷ / Sr ⁸⁶	ERRO	REF.
28	126	A-469	GRN	185.0	131.6	4.060	0.090	0.74200	0.00030	04
29	128	PG-3	GRN	148.0	428.0	0.980	0.020	0.71900	0.00050	04
30	129	A-294.B	GRN	182.0	108.0	4.880	0.100	0.74700	0.00060	04
31	10822	MJ-294.2	GRN	110.0	595.0	0.535	0.015	0.71224	0.00006	02
32	10824	MJ-297	GRN	47.5	471.0	0.292	0.008	0.70659	0.00008	02
33	11135	MJ-298.3	GRN	37.0	492.0	0.218	0.006	0.70628	0.00007	02
34	12021	MJ-614	GRN	200.0	190.7	3.043	0.086	0.73335	0.00008	02
35	12022	MJ-615	GRN	179.0	133.4	3.897	0.110	0.74320	0.00013	02
36	12023	MJ-640	GRN	206.6	123.4	4.864	0.137	0.74679	0.00006	02

GRANITO GUARAÚ

37	116	GB-54	GRN	255.0	10.1	73.300	1.400	1.28800	0.01800	04
----	-----	-------	-----	-------	------	--------	-------	---------	---------	----

GRANITO MANDIRA

38	5493	874-LK-91	GRN	248.3	16.0	46.530	0.900	1.04520	0.00200	03
39	5590	892-JC-340	GRN	228.3	18.0	37.814	0.884	1.03180	0.00110	03

GRANITO MARUMBI

40	114	MO-257	GRN	202.0	17.3	33.710	0.660	0.97000	0.00800	04
----	-----	--------	-----	-------	------	--------	-------	---------	---------	----

GRANITO MORRO REDONDO

41	11740	PK-120A	GRN	148.5	55.3	7.822	0.109	0.77312	0.00006	NT
41	11741	PK-120C	GRN	127.9	70.5	5.282	0.148	0.76895	0.00009	NT
41	11742	PK-120E	GRN	153.8	63.7	7.024	0.198	0.76031	0.00007	NT
41	11801	PK-120J	GRN	140.5	36.7	11.181	0.155	0.80134	0.00009	NT
41	11802	PK-120N	GRN	81.7	63.7	3.722	0.105	0.73489	0.00007	NT
42	11803	PK-121B	GRN	151.9	70.4	6.280	0.177	0.76433	0.00006	NT
42	11804	PK-121J	GRN	183.6	64.2	8.329	0.234	0.77129	0.00009	NT
43	11805	PK-093	GRN	177.7	6.1	90.097	1.252	1.44281	0.00038	NT
44	11806	PK-102	GRN	151.7	46.5	9.525	0.131	0.78559	0.00010	NT
45	4615	PK-CW-66	GRN	148.1	62.7	6.870	0.140	0.76700	0.00120	03
46	9753	MJ-275.I	GRN	45.2	37.5	3.503	0.021	0.75743	0.00020	02
46	11302	MJ-275.I.R	GRN	41.5	24.8	4.859	0.086	0.76085	0.00020	02
46	UK	MJ-275.B	GRN	144.0	3.0	163.679	1.000	2.51520	0.00040	02
46	10933	MJ-275.F.1	GRN	157.3	10.2	45.668	0.772	0.99540	0.00031	02
47	9754	MJ-281.A	GRN	140.0	15.5	26.851	0.180	0.95804	0.00060	02
47	9755	MJ-281.B	GRN	127.7	23.4	16.092	0.098	0.88692	0.00021	02

Nº. ORDEM	Nº. Lab. (SPR)	Nº. CAMPO	ROCHA	Rb (ppm)	Sr (ppm)	Rb ⁸⁷ / Sr ⁸⁷	ERRO	Sr ⁸⁷ / Sr ⁸⁶	ERRO	REF.
47	11304	MJ-281.B.R	GRN	127.0	17.4	21.521	0.366	0.88478	0.00037	02
48	9756	MJ-276	GRN	172.7	16.3	31.632	0.198	0.99731	0.00041	02
48	11305	MJ-276.R	GRN	162.5	12.4	39.049	0.712	1.00948	0.00145	02
49	12045	MJ-658	GRN	140.9	52.9	7.756	0.218	0.76979	0.00012	02

GRANITO PIRAI

50	11809	PK-125	GRN	145.2	51.3	8.259	0.232	0.79083	0.00007	NT
----	-------	--------	-----	-------	------	-------	-------	---------	---------	----

ABREVIATURAS UTILIZADAS NO APÊNDICE 2

GRN – Granito

APL – Aplito

SIE – Sienito

RTO – Rocha total

ANF – Anfibólio

BIO – Biotita

Lab – Laboratório

R – Repetição

Ref – Referência bibliográfica

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DO APÊNDICE 2

01 – Girardi et al. (1974)

02 – Siga Júnior (1995)

03 – Kaul et al. (1984)

04 – Cordani e Kawashita (1971)

NT – Neste trabalho