**PETROLOGIA DO
COMPLEXO GRANÍTICO DE SÃO SEPÉ, RS:**

MODELO EVOLUCIONAL DE GRANITOS DO SUL DO BRASIL

TESE DE DOUTORAMENTO APRESENTADA POR

PEDRO LUIZ PRETZ SARTORI

AO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

SÃO PAULO - 1978

À biblioteca de
Instituto de Geociências de USP

J. P. F.

**PETROLOGIA DO
COMPLEXO GRANÍTICO DE SÃO SEPÉ, RS:**

MODELO EVOLUCIONAL DE GRANITOS DO SUL DO BRASIL

DEDALUS - Acervo - IGC

30900005605

**TESE DE DOUTORAMENTO APRESENTADA POR
PEDRO LUIZ PRETZ SARTORI
AO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:
MINERALOGIA E PETROLOGIA**

SÃO PAULO - 1978

À memória de meu pai;
para a minha mãe.

À Maria da Graça;
ao Daniel...

SUMÁRIO

- 1 -

AGRADECIMENTOS

- x -

I

INTRODUÇÃO

REGIÃO OROGÊNICA DO SUDESTE E O PROBLEMA GRANITO	5
ESTRATIGRAFIA DO PRECÂMBRIANO NO ESCUDO SUL-RIOGRANDENSE E A POSIÇÃO DOS GRANITOS	14

II

GEOLOGIA DA REGIÃO SE SÃO SEPE	22
--------------------------------	----

TRABALHOS ANTERIORES	22
COMPLEXO BÁSICO-ULTRABÁSICO DAS PEDRAS PRETAS	26
GRUPO PORONGOS	31
FORMAÇÃO MARICÁ	40
GRUPO BOM JARDIM (FORMAÇÃO HILÁRIO)	42
GRANITO SÃO SEPE	45
GRUPO TUBARÃO	49
SEDIMENTOS QUATERNÁRIOS	50

III

O COMPLEXO GRANÍTICO DE SÃO SEPE	51
----------------------------------	----

PETROGRAFIA	54
-------------	----

MICROGRANITO DA PARTE CENTRO-SUL	54
GRANITO DA PARTE CENTRO-NORTE	65
GRANITO PERIFÉRICO	70
INTRUSÕES MENORES	77

CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS ESPECIAIS	82
---	----

FELDSPATOS	82
BIOTITAS	89

COMPOSIÇÃO QUÍMICA	97
VARIAÇÃO GEOGRÁFICA DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA NO COMPLEXO	101
Variação em área de elementos principais	104
Variação em área de elementos traços	110
NATUREZA E CLASSIFICAÇÃO QUÍMICA DAS ROCHAS GRANÍTICAS	121
GEOCRONOLOGIA	132
IV	
ASPECTOS PETROGENÉTICOS DO COMPLEXO	140
SOBRE A ORIGEM	140
GRADIENTE GEOTERMAL E ESPESSURA DA CROSTA	143
O COMPLEXO DE SÃO SEPE E OUTROS COMPLEXOS GRANÍTICOS DA REGIÃO OCIDENTAL DO ESCUDO SUL-RIOGRANDENSE	145
HETEROGENEIDADE NA COMPOSIÇÃO DE MACIÇOS GRANÍTICOS DA REGIÃO OROGÊNICA DO SUDESTE	150
V	
RESUMO E CONCLUSÕES	153
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	158
APÊNDICE 1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADAS	170
Análise radiométrica	170
Microsonda eletrônica	172
Platina universal	174
Coloração dos feldspatos potássicos	175
Método	175
Difração de raios X	176
Fluorescência de raios X	177
Análise química em rocha total	178

APÊNDICE 2	PORCENTAGEM EM PESO DE ALGUNS DOS ELEMENTOS PRINCIPAIS DOSADOS EM AMOSTRAS DE ROCHAS GRANÍTIICAS DA PARTE CENTRO-NORTE E CENTRO-SUL DO COMPLEXO DE SÃO SEPÊ, RS	179
APÊNDICE 3	PORCENTAGEM EM PESO DE ALGUNS DOS ELEMENTOS PRINCIPAIS DOSADOS EM AMOSTRAS DO GRANITO PERIFÉRICO E DE MICROGRANITOS DE INTRUSÕES MENORES DO COMPLEXO DE SÃO SEPÊ, RS	181
APÊNDICE 4	TEORES EM PPM DE ALGUNS ELEMENTOS TRAÇOS DOSADOS EM AMOSTRAS DE ROCHAS GRANÍTIICAS DA PARTE CENTRO-NORTE E CENTRO-SUL DO COMPLEXO DE SÃO SEPÊ, RS, E RAZÕES K/Rb E Rb/Sr	188
APÊNDICE 5	TEORES EM PPM DE ALGUNS ELEMENTOS TRAÇOS DOSADOS EM AMOSTRAS DO GRANITO PERIFÉRICO E DE MICROGRANITOS DE INTRUSÕES MENORES DO COMPLEXO DE SÃO SEPÊ, RS, E RAZÕES K/Rb E Rb/Sr	190

ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1	Mapa de localização do Granito São Sepê, RS	3
Figura 2	Sistema de dobramento e maciços medianos da Faixa Dobrada Ribeira	11
Figura 3	Mapa geológico da região de São Sepê, RS	27
Figura 4	Mapa de localização das amostras. São Sepê, RS	28
Figura 5	Composição dos plagioclásios, em termos das moléculas de Ab-An-Or, de amostras de hornfelses pelíticos e meta-grauvaque em caixantes do Granito São Sepê, RS	34

Figura 6	Composição dos feldspatos alcalinos, em termos das moléculas de Or-Ab-An, de amostras de hornfelses pelíticos e meta-grauvaque encaixantes do Granito São Sepê, RS	35
Figura 7	Anfibólitos presentes em meta-grauvaque, meta-basalto e hornfels pelítico, projetados no diagrama de classificação de LEAKE	39
Figura 8	Composição dos plagioclásios, em termos das moléculas de Ab-An-Or, de meta-basalto encaixante do Granito de São Sepê, RS	46
Figura 9	Mapa de intensidade magnética total da região de São Sepê, RS	48
Figura 10	Mapa de análise estrutural da região de São Sepê, RS	53
Figura 11	Anfibólitos de rochas graníticas da parte central do Complexo de São Sepê, projetados no diagrama de classificação de LEAKE	60
Figura 12	Rochas graníticas do Complexo de São Sepê, projetadas no diagrama de classificação modal de STRECKEISEN	62
Figura 13	Diagrama de classificação modal para as rochas graníticas, segundo JUNG e BROUSSE	64
Figura 14	Perfis geológicos	81
Figura 15	Composição dos plagioclásios, em termos das moléculas de Ab-An-Or, de amostras do Complexo Granítico de São Sepê, RS	83
Figura 16	Variação da composição de plagioclásios em amostras do Complexo Granítico de São Sepê, RS	84
Figura 17	Composição dos feldspatos potássicos e pertitas, em termos das moléculas de Or-Ab-An, de amostras do Complexo Granítico de São Sepê, RS	86
Figura 18	Variação da composição de feldspatos potássicos e pertitas em amostras do Complexo Granítico de São Sepê, RS	87

Figura 19	Difratogramas de raios X para a determinação do grau de triclinicidade de feldspatos alcalinos do Complexo Granítico de São Sepê, RS	88
Figura 20	Diagrama Al_2O_3 , MgO e FeO para biotitas do Complexo Granítico de São Sepê, RS	94
Figura 21	Dendrograma elaborado a partir de análises químicas de biotitas do Complexo Granítico de São Sepê, RS	96
Figura 22	Distribuição de teor de alguns elementos principais dosados em amostras do Complexo Granítico de São Sepê, RS	98
Figura 23	Distribuição de teor de alguns elementos traços dosados em amostras do Complexo Granítico de São Sepê, RS	99
Figura 24	Distribuição de teor de alguns elementos traços dosados em amostras do Complexo Granítico de São Sepê, RS	100
Figura 25	Superfícies de tendência (80 grau) para K_2O , ao longo do Complexo Granítico de São Sepê, RS	105
Figura 26	Superfícies de tendência (80 grau) para CaO , ao longo do Complexo Granítico de São Sepê, RS	106
Figura 27	Superfícies de tendência (80 grau) para Fe_2O_3 (como Fe-total), ao longo do Complexo Granítico de São Sepê, RS	107
Figura 28	Superfícies de tendência (80 grau) para MnO , ao longo do Complexo Granítico de São Sepê, RS	108
Figura 29	Superfícies de tendência (80 grau) para TiO_2 , ao longo do Complexo Granítico de São Sepê, RS	109
Figura 30	Superfícies de tendência (80 grau) para Rb , ao longo do Complexo Granítico de São Sepê, RS	111
Figura 31	Superfícies de tendência (80 grau) para Sr , ao longo do Complexo Granítico de São Sepê, RS	112
Figura 32	Superfícies de tendência (80 grau) para Ba , ao longo do Complexo Granítico de São Sepê, RS	113

Figura 33	Superfícies de tendência (80 grau) para Y, ao longo do Complexo Granítico de São Sepê, RS	114
Figura 34	Superfícies de tendência (80 grau) para Zr, ao longo do Complexo Granítico de São Sepê, RS	115
Figura 35	Superfícies de tendência (80 grau) para Nb, ao longo do Complexo Granítico de São Sepê, RS	116
Figura 36	Superfícies de tendência (80 grau) para Zn, ao longo do Complexo Granítico de São Sepê, RS	117
Figura 37	Superfícies de tendência (70 grau) para Pb, ao longo do Complexo Granítico de São Sepê, RS	118
Figura 38	Superfícies de tendência (80 grau) para a razão K/Rb, ao longo do Complexo Granítico de São Sepê, RS	120
Figura 39	Dados mineralógicos normativos referentes às rochas graníticas do Complexo de São Sepê projetadas no diagrama Or-Ab-An de STRECKEISEN	127
Figura 40	Rochas graníticas do Complexo de São Sepê projetadas no diagrama K-C-N de FREY	129
Figura 41	Rochas graníticas do Complexo de São Sepê projetadas no diagrama de LA ROCHE	130
Figura 42	Rochas graníticas do Complexo de São Sepê projetadas no diagrama Qz-Ab-Or.	131
Figura 43	Diagrama isocrônico para rochas granito-monzoníticas da parte central do Complexo de São Sepê, RS	135
Figura 44	Diagrama isocrônico para o granito sub-alcalino periférico do Complexo de São Sepê, RS	136
Figura 45	Diagrama isocrônico para microgranitos de intrusões menores do Complexo de São Sepê e de riólitos do Cerro Tupanci	137

Figura 46	Dados referentes ao Complexo Granítico de São Sepê projetados no diagrama de CONDIE	144
Figura 47	Mapa de localização de amostras de rochas graníticas da região de Lavras do Sul, RS	147
Figura 48	Diagrama isocrônico reunindo amostras de granitos da região ocidental do Escudo Sul-Riograndense	149

TABELAS

Tabela 1	Idades absolutas de rochas da região de São Sepê, RS, obtidas pelo método do potássio-argônio	25
Tabela 2	Natureza e composição de plagioclásios do Complexo Básico-Ultrabásico das Pedras Pretas, RS	30
Tabela 3	Composição química parcial e fórmula estrutural de biotitas de hornfelses pelíticos da região de São Sepê, RS	33
Tabela 4	Composição química e fórmula estrutural de granadas de hornfelses pelíticos da região de São Sepê, RS	36
Tabela 5	Composição química parcial e fórmula estrutural de anfibólios de rochas da região de São Sepê, RS	38
Tabela 6	Natureza e composição de plagioclásios de meta-basalto e andesitos da região de São Sepê, RS	43
Tabela 7	Composição química parcial e fórmula estrutural de anfibólios de rochas graníticas da parte central do Complexo de São Sepê, RS	59
Tabela 8	Composição mineralógica modal de amostras do microgranito da parte centro-sul do Complexo de São Sepê, RS	61
Tabela 9	Composição mineralógica modal de amostras do granito da parte centro-norte do Complexo de São Sepê, RS	69

Tabela 10	Composição mineralógica modal de amostras do granito periférico do Complexo de São Sepê, RS	75/76
Tabela 11	Composição mineralógica modal de amostras de microgranitos de intrusões menores do Complexo de São Sepê, RS	79
Tabela 12	Composição química parcial e fórmula estrutural de biotitas de rochas graníticas da parte central do Complexo de São Sepê, RS	90
Tabela 13	Composição química parcial e fórmula estrutural de biotitas do granito periférico do Complexo de São Sepê, RS	91
Tabela 14	Composição química parcial e fórmula estrutural de biotitas de microgranitos de intrusões menores do Complexo de São Sepê, RS	92
Tabela 15	Parâmetros estatísticos gerados a partir de conjuntos de 300 pontos e para superfícies de 10° até 80° grau	103
Tabela 16	Composição química e mineralógica normativa de rochas graníticas da parte central do Complexo de São Sepê, RS	122
Tabela 17	Composição química e mineralógica normativa do granito periférico e de microgranitos de intrusões menores do Complexo de São Sepê, RS	123
Tabela 18	Critérios suplementares para a classificação química das rochas ígneas conforme esquema de STRECKEISEN	125
Tabela 19	Classificação química das rochas graníticas do Complexo de São Sepê conforme esquema de STRECKEISEN	126
Tabela 20	Análises radiométricas rubídio-estrôncio de rochas graníticas de São Sepê, Lavras do Sul, Jaguari e de riólitos do Cerro Tupanci	134

QUADROS

Quadro 1	Colunas estratigráficas do Precambriano do Escudo Sul-Riograndense	15/16
Quadro 2	Elementos para a reorganização da coluna estratigráfica do Precambriano do Escudo Sul-Riograndense	21

FOTOGRAFIAS

Fotos 1 e 2	Variedades de granitos da parte centro-sul do Complexo de São Sepê, RS	56
Fotos 3 e 4	Granito da parte centro-norte do Complexo de São Sepê, RS	66
Fotos 5 e 6	Variedades do granito periférico do Complexo de São Sepê, RS	72
Fotos 7 e 8	Microgranitos de intrusões menores do Complexo de São Sepê, RS	78

AGRADECIMENTOS

Registro aqui minha gratidão às seguintes instituições e pessoas que colaboraram para a execução deste trabalho:

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), nas pessoas do Diretor-Presidente Professor Doutor Irajá Damiani Pinto e do saudoso Diretor-Científico Professor Doutor Sylvio Torres, pelo auxílio de pesquisa (Processo nº 46/76);

Universidade Federal de Santa Maria, nas pessoas do Pró-Reitor de Pós-Graduação Professor Doutor Zosymo Lopes dos Santos e do Pró-Reitor de Ensino e Pesquisa Professor Adjunto Sérgio Augusto Carvalho Bernardes, pelo apoio ao projeto e ajuda de parte do material utilizado em laboratório;

Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, na pessoa do seu Diretor Professor Doutor Josué Camargo Mendes, pela impressão do trabalho;

Professor Doutor Nabor Ricardo Rilegg, pela orientação e revisão do texto;

Professores Doutor José Moacyr Vianna Coutinho, Doutor Celso de Barros Gomes, Doutor Umberto Giuseppe Cordani e Doutor Gilberto Amaral, pelas opiniões técnicas relacionadas à especialidade;

Professores Doutor Koji Kawashita, Doutor Marcos Berenholz e Mestre em Ciências Excelso Ruberti, pelo auxílio prático nos experimentos;

Professores Doutor Carlos Alberto de Matos Alves e Doutor Joaquim Raul Torquato, pelo encaminhamento das análises químicas, realizadas no Laboratório de Técnicas Físico-Químicas Aplicadas à Mineralogia e Petrologia da Junta de Investigações do Ultramar, em Lisboa;

Professor Olavo José Bortolotto, pelas sugestões advindas com a leitura e datilografia do manuscrito;

Pessoal técnico de várias instituições de pesquisa: Maria Inês Moreira de Souza, Melany Thereza Isauk, Valdemar Lucas de Oliveira, Adão Vargas da Silveira, Renato Oliveira da Costa, Tieca Saito, Paulo Mori, José Roberto Medeiros e Ivone Sonoki, pelo auxílio prestado;

meu sobrinho Paulo Sérgio Sartori Bertoglio e ex-aluno Paulo Joaci de Oliveira, pela valiosa contribuição nos trabalhos de campo.

Finalmente, particular agradecimento à minha companheira Maria da Graça, pela cuidadosa execução das ilustrações deste trabalho.

I

INTRODUÇÃO

Decorrido alguns anos, desde as últimas publicações sobre assunto correlato, este trabalho representa no vo enfoque ao estudo de granitos no Rio Grande do Sul, em razão da importância e significado destas rochas.

À vista disso e para situar o leitor no contexto geológico da região é oportuno referir, como introdutório, o fato desse território meridional brasileiro apresentar os seguintes compartimentos geomórficos principais (Figura 1):

a *Planície Costeira*, constitui-se numa extensa faixa litorânea (DELANEY, 1965) formada por areias e sedimentos cenozóicos. Abrange área de 47.100 km² com relevo suave e altitudes fracas (5 - 20 metros), variando de acordo com a movimentação dos cômodos de areia. Do ponto de vista hidrográfico, sua característica principal é a presença de grande número de lagoas, muitas com aspecto cordiforme (DELANEY, 1960);

o *Planalto*, totalizando extensa área de 150.000 km², é formado por rochas vulcânicas da Bacia do Paraná, com o seu rebordo meridional atravessando o Estado de leste a oeste desde Osório até as proximidades de São Francisco de Assis, infletindo-se, a partir daí, rumo ao sul. As maiores altitudes localizam-se na parte leste (1.200 metros) decrescendo gradativamente no sentido oeste. A sucessão dos derrames de lava é representada, em sua porção inferior, por rochas de natureza basáltica; a sequência superior, constituída predominantemente por lavas ácidas (granófiros e vitrófiros), mostra seu limite ocidental de ocorrência passando a oeste de Santiago (SARTORI e MACIEL FILHO, 1976). Na parte medial do Planalto, destaca-se uma cobertura sedimentar pós-

-vulcânica constituída, principalmente, de arenitos e lutitos da Formação Tupanciretã (MENEGOTTO *et al.*, 1968);

a *Depressão Central*, compreende uma faixa de 52.000 km² constituída pela seqüência sedimentar da Bacia do Paranã. É uma região de relevo suave e baixas altitudes (50 - 150 metros), com a presença de coxilhas mais ou menos arredondadas;

o *Escudo Sul-Riograndense*, abrangendo área de 48.000 km², faz parte da região do sudeste da America do Sul onde estão expostas, principalmente, rochas do Precambriano e do Eopaleozoico. Seu modelado é constituído pelos restos do relevo da Serra do Mar, com as maiores altitudes em torno de 460 metros nas proximidades de Caçapava do Sul (NOGUEIRA, 1951).

Inserido no extremo norte da parte ocidental do referido escudo, localiza-se o Granito São Sepê.

A Figura 1 destaca essa última região mostrando, de acordo com os conhecimentos atuais, que as rochas graníticas abrangem área significativa. Até o presente momento, na literatura geológica, vários maciços já foram individualizados, recebendo a denominação da região geográfica ou do município onde se localizam. Na parte oriental do Escudo, situam-se: o Granito de Encruzilhada (LEINZ, 1945) redefinido por TESSARI e PICADA, 1966, como Complexo Granítico Encruzilhada; o Complexo Granítico Dom Feliciano (TESSARI e PICADA, 1966); o Granito Arroio dos Ladrões e o Granito Cerro Frio, individualizados por PICADA, 1971, no Complexo Granítico Dom Feliciano; o Granito Cordilheira (TESSARI e PICADA, 1966); o Granito Campina (LEINZ, 1945); o Granito Figueiras (PICADA, 1971), correspondendo a um granito com muscovita desmembrado do Granito Campina e, o Granito Prestes (TESSARI e GIFFONI, 1970). Na Folha de Porto Alegre, foram descritos; o Granito Santana, o Granito Independência, o Granito Ponta Grossa e o Granito Cantagalo (SCHNEIDER *et al.*, 1974). Por último, na porção ocidental do Escudo, são conhecidos: o Granito de Ca

Figura 1 - Mapa de localização do Granito São Sepê, com as principais vias rodoviárias de acesso às áreas de rochas graníticas, segundo CARRARO *et al.*, 1974, no Escudo Sul-Riograndense. No canto, pormenorizadas, as regiões geomorfológicas do Rio Grande do Sul.

çapava (LEINZ *et al.*, 1941); o Granito Santa Ferreira (RIBEIRO, 1970); o Granito de Lavras (LEINZ *et al.*, 1941); o Granito Jaguari (JOST e VILLWOCK, 1966); o Granito da Ramada (LEINZ *et al.*, 1941); o Granito Cerro da Cria e o Granito São Sepê (RIBEIRO *et al.*, 1966).

Conquanto sejam esses os maciços graníticos atualmente referidos na literatura, outras ocorrências deverão ser individualizadas no Escudo Sul-Riograndense à medida que os mapeamentos, na escala 1:50.000, forem se intensificando.

Ora, se tal situação se verifica, podemos concluir que os fenômenos geológicos que ocorreram no passado nessa região, favoreceram a gênese de granitos. Assim sendo, com base nos trabalhos publicados e observações de campo realizadas nos últimos anos, evidenciou-se certo grau de similaridade relacionado com a evolução dessas rochas, especialmente quando comparadas, levando em conta o posicionamento estrutural e geográfico (distância) entre elas.

De posse das informações obtidas no campo e com a disponibilidade de modernas técnicas de análise em laboratório (Apêndice 1), escolheu-se o Granito São Sepê para, numa análise do seu processo de gênese e evolução, se tentar o estabelecimento de um modelo para o estudo dessas rochas, particularmente das localizadas na região ocidental do Escudo pois, num ambiente tectônico com suas próprias peculiaridades, torna-se difícil a correlação dos granitos da região com outros semelhantes gerados comumente, em situações geológicas distintas.

A falta de modelos desse tipo tem sido, no decorrer dos últimos anos, uma das dificuldades encontrada pelos autores que procuraram correlacionar e interpretar a origem das rochas graníticas situadas ao longo da região sudeste da América do Sul, onde mais de uma centena de maciços já foram individualizados. A simples adaptação de esquemas organizados com base em ambientes geológicos diferentes, embora nume

rosos, como atesta a extensa literatura internacional, frequentemente revelam-se inadequados. Esta circunstância justifica nossa preocupação que pode ser ainda melhor avaliada se concluirmos com as seguintes transcrições:

"the plutons of North America and their interpretation have led to an emphasis on certain mechanics and conditions of emplacement that is different from that of much of the current European literature and deserves review and consideration". BUDDINGTON, 1959.

"Particularly the argument that there are granites and granites suggest that every case should be judged on its own merits". AUGUSTITHIS, 1973.

REGIÃO OROGÊNICA DO SUDESTE E O PROBLEMA GRANITO

No último decênio, alto foi o nível alcançado sobre o conhecimento da geologia do Sul do Brasil, em decorrência dos trabalhos de mapeamento e caracterização das principais unidades litoestratigráficas que ocorrem nos Estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Paralelamente, as atividades de Jorge Bossi e colaboradores, no país vizinho do Uruguai, permitiram a composição de um quadro razoável da geologia do sudeste da América do Sul.

Com esse avanço no conhecimento geológico regional, ALMEIDA *et al.*, 1973, numa síntese sobre a evolução do Precambriano de parte da América do Sul, denominaram de *Cinturão Orogênico Ribeira* ao conjunto de rochas situadas ao longo da costa oriental brasileira, desde o sul da Bahia até a extremidade sul-oriental da República do Uruguai, formadas em geossinclinais durante o Ciclo Brasileiro. O nome escolhido derivou do mapeamento geológico referente ao Projeto Ribeira, cujas cartas publicadas na escala 1:200.000, nos Anais do XXV Congresso Brasileiro de Geologia (MELCHER *et al.*, 1971;

BETTENCOURT *et al.*, 1971; GOMES *et al.*, 1971a; CORDANI *et al.*, 1971a; CORDANI *et al.*, 1971b; GOMES *et al.*, 1971b), forneceram importantes subsídios para a interpretação da geologia da região do Vale do Rio Ribeira de Iguape (MELCHER *et al.*, 1973). Considerando que o topônimo Ribeira escolhido como nome desse cinturão orogênico não traduz sua expressão regional, durante a realização do presente trabalho, essa unidade geotectônica foi referida por *Região Orográfica do Sudeste da América do Sul* ou simplesmente *Região Orográfica do Sudeste*. Dessa forma fica enfatizada a sua natureza (KHAIN e SHEYNMANN, 1962) e posição geográfica.

Embora caracterizada nas suas generalidades, a *Região Orográfica do Sudeste*, na condição de unidade geotectônica, tem pormenores evolutivos ainda não perfeitamente esclarecidos. Esta condição é particularmente verdadeira no que se refere à petrografia, geocronologia e classificação dos granitos. Senão vejamos:

a) do ponto de vista geocronológico, integrando os dados disponíveis na Folha Curitiba (SG. 22), CORDANI, 1974, estabeleceu o seguinte esquema principal na sequência evolutiva desse conjunto de rochas:

- 650 m.a. - *Fase sintectônica principal.*
- 610 m.a. - *Intrusões de granitos tardi-tectônicos.*
- 540 m.a. - *Fase postectônica principal.*
- 500 - 450 m.a. - *Resfriamento regional.*

Por outro lado, na mesma época, CORDANI *et al.*, 1974, comentando as datações geocronológicas da Folha Porto Alegre (SH. 22), afirmaram que a idade de 610 m.a., obtida através de uma isócrona de referência para rochas pertencentes aos maciços de Caçapava, Lavras do Sul e granitos associados à Formação Cambaí que aparecem ao norte desta última cidade, é semelhante à encontrada para algumas rochas

graníticas (com 650 m.a.) da região oriental do *Escudo Sul-Riograndense*, devendo possuir a mesma significação (fase sin-tectônica do Ciclo Brasileiro). Assinalaram também que a idade indicada para o vulcanismo ácido no Rio Grande do Sul (520 m.a.) é bem mais antiga que aquela obtida para as rochas congêneres do Grupo Castro, no Paraná (525 ± 15 m.a.), demonstrando que os eventos vulcânicos pós-orogênicos do Ciclo Brasileiro, não foram necessariamente sincrônicos ao longo de toda a faixa de dobramentos. Em relação às rochas graníticas formadas no decorrer deste ciclo, ao longo da região orogênica, é importante citar, também, os resultados obtidos por CORDANI e KAWASHITA, 1971, que indicam como eventos significativos uma fase tardi-tectônica com cerca de 610 m.a. e outra fase pós-tectônica principal com cerca de 540 m.a.

Uma vez que vários autores tomaram este trabalho como referência, para classificar os granitos em tardi- ou pós-tectônicos, devemos analisar o valor absoluto de 608 ± 48 m.a. obtido, pelos citados autores, de isócrona de referência traçada a partir de rochas não cogenéticas, com os pontos analíticos mais favoráveis para o estabelecimento da idade, correspondendo às amostras: JMC-3 (gnaisse adamellítico turmalínífero - Maciço de Aracaré, SP); JMC-7 (adamellito porfiróide - Maciço de Mauá, SP); AM-1a (granito gnáissico - embasamento do Grupo Tubarão, SP) e JMC-8 (gnaisse adamellítico - Maciço de Itaquera, SP); esta última, foi importante no cálculo da idade por apresentar razão Rb/Sr mais favorável. A razão $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$ inicial, determinada sob a influência das amostras UC-Cant-1 (adamellito porfiróide - Maciço Cantareira, SP) e RE-3/1607A (granodiorito porfiróide - Maciço Cantareira, SP), fixou-se no valor de 0,712 sendo superior ao estabelecido pela isócrona de referência para as rochas pós-tectônicas (0,709).

Na simples observação dos aspectos descritivos dessas amostras que propiciaram o cálculo da idade de 608 m.a.,

chama atenção o fato de nenhuma delas constituir granito típico. Segundo ESKOLA, 1932, os granitos tardi-tectônicos são uniformes, ricos em potássio e de composição granítica tipicamente eutectóide. Para MARMO, 1971, estes granitos são usualmente róseos e tendem a ser aplíticos, formados pela assembléia microclínio-albita-quartzo. Ora, o aspecto gnáissico, a presença de porfiroblastos e a composição adamelítica-granodiorítica das amostras datadas, lembra muito mais litologias geradas na fase sin-tectônica. Na opinião de MARMO, 1971, *"there may be no synkinematic ideal granites of original bulk composition in Finland"*, enquanto ESKOLA, 1932, afirma que granitos sin-tectônicos são raros havendo predominância de granodioritos e quartzo-monzonitos.

Ainda com relação aos granitos, HASUI e HAMA, 1972, baseados em datações geocronológicas do Grupo São Roque, pelo método potássio-argônio, também estabeleceram um esquema de evolução dessas rochas na região:

- 560 m.a. - Granitos pós-tectônicos (tipo Itu).
- 613 m.a. - Granitos tardi- a pós-tectônicos (tipos Varejão e Anhanguera).
- 645 m.a. - Granitos tardi-tectônicos (tipo Pirituba).

Como esses números foram estabelecidos com base nas idades das rochas encaixantes é provável que eles representem valores mínimos para estas litologias, pela fuga parcial do argônio radiogênico sob os efeitos termais, comprometendo, assim, a validade do esquema proposto.

Esse fato se fez sentir mais tarde quando o primeiro dos autores (HASUI, 1973), estudando a tectônica da área das Folhas de São Roque e Pilar do Sul, citou que *"a classificação tectônica dos maciços graníticos em função de suas características é problemática"*, passando a chamar os *"granitos tipo Pirituba"* de corpos sin-tectônicos parautoctones, correspondendo a uma transição entre os sin-tectônicos e

tardi-tectônicos.

Em vista disso e considerando que, na ausência de estudos de campo e petrográfico pormenorizados, as rochas graníticas da Região Orogênica do Sudeste vem sendo classificadas em sin-, tardi- ou pós-tectônicas, principalmente por meio de datações radiométricas, torna-se de pouca precisão o simples uso de valores em torno de 610 m.a. como critério absoluto para enquadrá-las no tipo tardi-tectônica porque, como veremos adiante, vários desses maciços graníticos são constituídos por tipos petrográficos distintos com idades diferentes.

Concluimos, portanto, que no estágio atual de conhecimento geológico, deva ser omitida a classificação de alguns corpos graníticos existentes nessa unidade geotectônica, como sendo de natureza tardi-tectônica até que novos estudos de campo, petrográficos, e geocronológicos pelo método rubídio-estrôncio através de isócronas verdadeiras, venham confirmar a sua presença na região.

Por outro lado, as idades de granitos pós-tectônicos tem demonstrado que os eventos geradores não foram sincrônicos ao longo de toda a faixa de dobramentos.

RAGUIN, 1980, ao classificar os granitos de acordo com o ambiente geológico em que se localizam, não estabeleceu diferenças entre os de natureza tardi- e pós-tectônica, utilizando estes prefixos como sinônimos.

Desta forma, para a evolução geológica da referida região orogênica, teríamos o seguinte esquema simplificado:

- 670 - 610 m.a. - *Fase sin-tectônica principal (proximo a 650 m.a.).*
- 570 - 500 m.a. - *Intrusões de granitos pós-tectônicos.*
- 520 - 430 m.a. - *Vulcanismo riolítico associado, resfriamento regional e soerguimento de cadeias montanhosas.*

b) A síntese organizada pela equipe do Departamento Nacional da Produção Mineral, com a publicação em 1974 dos resultados obtidos pela compilação dos trabalhos geológicos realizados no sul do País, junto com as Folhas Porto Alegre (SH. 22), Lagoa Mirim (SI. 22), Uruguaiana (SH. 21), Asunción (SG. 21) e Curitiba (SG. 22), na escala ao milionésimo, propiciou que alguns autores elaborassem esquemas regionais, objetivando explicar o processo de evolução geológica referente à Região Orogênica (HASUI *et al.*, 1975; ALMEIDA *et al.*, 1976), sua metalogenia (BETTENCOURT *et al.*, 1976) e rochas graníticas associadas (WERNICK e PENALVA, 1976).

HASUI *et al.*, 1975, identificaram ao longo da região costeira entre a Bahia e o Uruguai, um segmento setentrional de estruturação simples, dado pela *Faixa Dobrada Paraíba do Sul* (1.800 - 2.200 m.a.), remobilizada no Ciclo Brasileiro (450 - 650 m.a.) e pela infraestrutura da *Faixa Dobrada Ribeira*. No segmento meridional (Figura 2), mais complexo, diferenciaram de NW para SE o Sistema Dobrado Apiaí, o Maciço Mediano Joinville, o Sistema Dobrado Tijucas, o Maciço Mediano Pelotas e o Sistema Dobrado Uruguai Oriental.

Não obstante o volume de dados coligidos e utilizados pelos referidos autores para esta interpretação, é difícil ajustar o esquema, por exemplo, para a região do Escudo Sul-Riograndense, pois:

- não existem datações radiométricas a oeste do meridiano de 54°W de Greenwich;
- a Formação Encantadas (TESSARI, 1965) estaria localizada dentro do Sistema Dobrado Tijucas (?) e não no Maciço Mediano Joinville.
- o Maciço Mediano Pelotas — o nome mais adequado deveria referir a cidade de Dom Feliciano, em analogia ao *Craton Dom Feliciano* (PICADA, 1971), pois a região de Pelotas é conhecida por uma bacia sedimentar cenozóica — não apresenta estudos con

Figura 2 - Sistema de dobramento e maciços medianos da Faixa Dobrada Ribeira (Segundo HASUI *et al.*, 1975).

clusivos que o caracterizem como tal podendo, por exemplo, tratar-se de bloco do Escudo estruturalmente mais elevado (alto tectônico).

Admitindo o esquema proposto por esses autores, WERNICK e PENALVA, 1976, apresentaram uma visão geral das rochas graníticas do Sul do Brasil, tentando a sua caracterização global de acordo com o trabalho de STEPHANSSON, 1975, que trata do polidiapirismo de rochas graníticas. Assim sendo, os referidos autores afirmam que *"os granitos do Maciço Mediano Pelotas ocorrem aglutinados em dois grandes complexos (Gaúcho e Pedras Grandes) de natureza polidiapírica com corpos sin-, tardi- e pós-tectônicos, nos quais os mais jovens cortam ou rodeiam as intrusivas mais antigas. A sua natureza varia de calco-alcalina a sub-alcalina, atingindo localmente caráter alcalino. Dados geocronológicos Rb/Sr e K/Ar, revelaram para a fase sin-tectônica a idade de 650 m.a., para a fase tardi-tectônica, 610 m.a. e para os granitos pós-tectônicos, 550 m.a."*

No Sistema Dobrado Tijucas, WERNICK e PENALVA, 1976, afirmam que *"os granitos são relativamente raros. Podem ser agrupados em dois tipos: 1) os intrusivos nas epimetamórficas e 2) os associados aos depósitos molassóides. Os primeiros," no Rio Grande do Sul, "são representados pelos granitos Caçapava do Sul e Jaguari-Lavras e os segundos pelos granitos São Sepé e Ramada. Os primeiros são corpos mesotectônicos de dimensões médias e circunscritos, e ocorrem sob a forma de domos. São corpos de polidiapirismo restrito, com fácies tardi- e pós-tectônicas. Os granitos do segundo grupo são corpos epitectônicos, pequenos, geneticamente ligados às efusivas da fase molássica. Constituem intrusões pós-orogênicas nos depósitos molassóides ou nas epimetamórficas da Faixa de Dobramentos Tijucas. As intrusões são controladas por fraturamento e em alguns casos exibem zoneamento litológico". Por último, os autores concluem que " Os granitos sin*

-tectônicos estão restritos aos Maciços Medianos. Granitos tardi- e pós-tectônicos ocorrem tanto nos Maciços quanto nas Faixas de Dobramento. Os granitos tardi-tectônicos são os mais frequentes, considerando todo o Sistema de Dobramento Ribeira".

STEPHANSSON, 1975, ao sugerir a classificação das intrusões ígneas, propôs a designação de batólito para uma grande massa rochosa composta de diápiros graníticos numa região de deformação orogênica. O aspecto tectônico destes diápiros resulta de alguns fatores; dependendo de suas características, tais como, tamanho, estrutura, contato com as rochas encaixantes, etc., eles são divididos em epi-, meso- e catatectônicos, de modo semelhante aos estilos plutônicos propostos por BUDDINGTON, 1959, que dividiu as rochas graníticas de acordo com a zona de *emplacement* em plutões de epizona, mesozona e catazona. Esse polidiapirismo envolve um domínio de estruturas sub-verticais e, geralmente, apresenta uma estrutura zonal com os tipos mais básicos nos bordos e as rochas graníticas e aplíticas no centro. O material granítico que forma os diápiros pode ascender à superfície em estado sólido, durante um intervalo de tempo equivalente a $10^7 - 10^8$ anos, devido sua menor densidade e maior plasticidade em relação às rochas encaixantes, com variações na viscosidade durante o trajeto por modificações nas condições de pressão e temperatura (STEPHANSSON, 1977).

Assim, conquanto WERNICK e PENALVA, 1976, tenham classificado as rochas graníticas do Sul do Brasil de acordo com esse esquema, é difícil adaptá-lo a toda região, pois, além das restrições impostas aos granitos tidos como tardi-tectônicos, a descrição petrográfica da maioria destas rochas é sumária, desconhecendo-se, inclusive, referências sobre a presença de estruturas sub-verticais, típicas de diapirismo. De outra parte, o zoneamento litológico, constatado no Granito São Sepé e noutros que veremos mais adiante, é

não obstante, inverso ao citado por STEPHANSSON, 1975.

ESTRATIGRAFIA DO PRECAMBRIANO NO ESCUDO SUL-RIOGRANDENSE E A POSIÇÃO DOS GRANITOS

Antes da descrição das características apresentadas pelo Granito São Sepê, é importante referir a atual controvérsia existente em relação a estratigrafia do Precambriano no *Escudo Sul-Rio-grandense*.

Após a etapa pioneira de reconhecimento geológico da região (CARVALHO, 1932; LEINZ *et al.*, 1941; etc.), surgiram, na década de 1960, alguns trabalhos abordando questões estratigráficas. As colunas propostas, com o passar do tempo, sofreram modificações em função das áreas onde foram erigidas tendo sido depois, generalizadas para todo o Escudo. Dentre os trabalhos mais difundidos destacamos os seguintes:

conforme GONI *et al.*, 1962, a secção tipo da Formação Cambaí (Quadro 1) *"está localizada no curso do Arroio Cambaí, Vila Nova, município de São Sepê. Nesse local, assim como no leito do Arroio Ibicuí ao sul do Cerro Mantiqueiras, município de Lavras do Sul, esta formação basal é constituída por migmatitos homogêneos e heterogêneos. Na zona de Lavras do Sul possui uma direção geral E-W ($N70^{\circ}-80^{\circ}W$) e mergulhos próximos a vertical. A esta direção principal de dobramento se superpõe outra menos freqüente segundo $N15^{\circ}-20^{\circ}E$ ".* Na opinião desses autores os estudos de petrofábrica evidenciaram nessa formação a existência de ciclos orogênicos sobrepostos, em parte ocultados por uma direção de milonitização de rumo NE. Ultrabásitos associados a uma seqüência magmática silicatada, descritos no Cerro Mantiqueiras, localizado a distância de 13 km da cidade de Lavras do Sul, foram incluídos na Formação Cerro Mantiqueiras. *"A direção dominante desta Formação, na área ao sudoeste de Lavras do Sul,*

QUADRO 1 - ALGUMAS DAS COLUNAS ESTRATIGRÁFICAS PROPOSTAS PARA O PRECAMBRIANO DO ESCUDO SUL-RIOGRANDENSE.

GONI <i>et al.</i> , 1962				RIBEIRO <i>et al.</i> , 1966				JOST e VILLWOCK,1966				
ERA	PERÍODO	GRUPO	FORMAÇÃO	ERA	PERÍODO	GRUPO	FORMAÇÃO/LITOLOGIAS	ERA	GRUPO	FORMAÇÃO		
P R E C A M B R I A N O	S U P E R I O R	P O R O N G O S	Cerro do Ouro	P R E C A M B R I A N O	S U P E R I O R	P O R O N G O S	Intrusões graníticas de Caçapava e comple- xo granítico de En- cruzilhada	P R E C A M B R I A N O	P O R O N G O S	Vacacaí		
			Vacacaí				Cerro Mantiqueiras				Cerro Mantiqueiras	
	M E D I O	D	Cerro Mantiqueiras				D					
							D					
	I N F E R I O R	D	Cambaí				Cambaí		C A M B A Í			
							D					
						Encantadas						

Quadro 1 - (continuação)

CARRARO <i>et al.</i> , 1974					MÔNACO <i>et al.</i> , 1974					
ERA	GRUPO	FORMAÇÃO	LITOLOGIAS		ERA	PERÍODO	GRUPO	SUB-GRUPO	FORMAÇÃO	LITOLOGIAS
P R E C A M B R I A N O	P O R O N G O S	Vacacaí			P R E C A M B R I A N O	A (570 - 1.100 m.a)				Granitos intrusi- vos:Jaguari-Lavras do Sul; Caçapava.
		Cerro Mantiqueiras					Bom Jardim		D	Andesitos Hilário e Riolitos Acam- pamento Velho.
	C A M B A Í		G R A N I T O S	Canguçu				D		
				Encruzilhada				D	Maricã	
				Caçapava						Granitos intrusivos: Campinas;Cordilhei- ra;D.Feliciano; En- cruzilhada.
				Sienito Piquiri						
				Anortosito Capivarita						
					C e indivi- so(1700- 2.200 m.a.)			D	Encantadas	Anortosito Capivarita

é E-W ($N70^{\circ}-80^{\circ}E$), evidenciando que tanto a Formação Cambaí, como a Formação Cerro Mantiqueiras, foram afetadas por um mesmo ciclo orogênico, revelado pelo estilo de dobramento comum. Além desta tectônica, as duas formações sofreram esforços de cisalhamento de direção $N30^{\circ}-40^{\circ}E$ ". Com isso, na coluna estratigráfica proposta, o Grupo Porongos foi dividido em duas formações: a Formação Vacacaí, composta por filitos, quartzitos, mármores e xistos e a Formação Cerro do Ouro, abrangendo uma sequência ectinitica magnesiana silicatada em concordância com outra carbonatada.

Em 1966, RIBEIRO e outros colaboradores, consideraram a Formação Encantadas como fazendo parte do embasamento mais antigo e constituída por rochas gnáissicas que afloram nas proximidades de Santana da Boa Vista. Em contrapartida, sob a denominação de Grupo Porongos, reuniram as formações Cambaí, Vacacaí e Cerro Mantiqueiras (Quadro 1). Na opinião desses autores, *"a grande maioria dos gnaisses observados na Quadrícula de Caçapava do Sul está perfeitamente concordante com os xistos, sendo observadas passagens graduais de xistos a gnaisses através de distâncias da ordem de quilômetros"*. Deste modo, consideraram a Formação Cambaí como sendo uma associação de gnaisses, migmatíticos ou não, de extensão regional, incluindo anfibolitos. A Formação Vacacaí estaria constituída, predominantemente, por diversos tipos de ectinitos, geralmente de baixo grau de metamorfismo, tais como filitos, xistos, quartzitos e lentes de mármore. Quanto a Formação Cerro Mantiqueiras, seria formada por rochas ultrabásicas e serpentinitos, associadas a outras ricas em cálcio e magnésio, incluindo a Formação Cerro do Ouro, descrita por GOÑI, 1962.

Na mesma época, JOST e VILLWOCK, 1966, com o mapeamento geológico das cabeceiras do Rio Vacacaí, registraram a presença de discordância entre os migmatitos da Formação Cambaí e os xistos do Grupo Porongos. Com isso, passa

ram a denominar de Grupo Cambaí, em lugar de Formação, aos migmatitos do embasamento mais antigo sotopostos, por discordância, às litologias do Grupo Porongos representado pelas formações Vacacaí e Cerro Mantiqueiras (Quadro 1).

Recentemente, CARRARO *et al.*, 1974, na compilação do mapa geológico do Estado do Rio Grande do Sul, na escala ao milionésimo, adotaram, sem maiores comentários quanto aos critérios usados, uma coluna estratigráfica integrando no Grupo Cambaí, o *Sienito Piquiri*, o *Anortosito Capivarita* e todos os granitos do Escudo, de acordo com os seguintes tipos: Caçapava do Sul, Canguçu e Encruzilhada do Sul (Quadro 1). Por outro lado, na mesma época, MÔNACO *et al.*, 1974, na apresentação da Folha Porto Alegre (SH. 22) da carta geológica do Brasil, ao milionésimo, elaboraram uma coluna estratigráfica, incluindo a Formação Maricá, o Grupo Bom Jardim e alguns granitos da parte ocidental do Escudo, no Precambriano Superior (Quadro 1).

Como se verifica, várias colunas estratigráficas emergiram para a região, com base em critérios de natureza diversos e que conduziram a ênfases em uma ou outra particularidade geológica. Assim, com relação a essas colunas valem a pena os comentários que seguem.

É pertinente para a Formação Cerro Mantiqueiras, a opinião de COUTINHO, 1971, que diz "*não está clara a necessidade de se criar uma formação independente para todas as rochas básicas e ultrabásicas*". Por outro lado, datações radiométricas disponíveis na porção ocidental do Escudo Sul-Riograndense têm revelado idades compatíveis a rochas do Ciclo Transamazônico, como é o caso do Complexo de Mata Grande (2.034 m.a.) incluído nessa Formação (ISLLER *et al.*, 1973). Segundo ALMEIDA *et al.*, 1973, magmatismo ofiolítico é raro nos geossinclíneos do Ciclo Brasileiro, caracterizados pela

abundância de plutonismo granítico e vulcanismo ácido, fato este a indicar que o embasamento da América do Sul, no Pre cambriano Superior, era de natureza siânica "*continental*". Sendo assim, no presente momento, é problemática a colocação dessas rochas no Grupo Porongos até que novos estudos sejam realizados.

Quanto às formações Encantadas e Cambaí, é interessante referir as recentes datações radiométricas efetuadas por CORDANI *et al.*, 1974. A idade de 2.260 m.a. obtida pelo método rubídio-estrôncio para as rochas metamórficas da Formação Encantadas, confirmou a opinião de TESSARI, 1965, como pertencentes ao embasamento antigo, possivelmente Transamazônico (CORDANI *et al.*, 1974). Além disso, migmatitos e anfibolitos atribuídos à Formação Cambaí (GONZI *et al.*, 1962), localizados a sudoeste de Lavras do Sul, nas proximidades dos meta-ultrabásitos do Cerro Mantiqueiras, forneceram valores K-Ar, em anfibólitos, de 690 m.a. (migmatito) e 744-725 m.a. (anfibolito) evidenciando idades pré-brasilianas e sendo a direção geral dessas rochas ($N70^{\circ}-80^{\circ}W$) em parte, semelhante àquela da Formação Encantadas.

Desta forma, se essas litologias são correlacionáveis como sugerem os dados geocronológicos e estruturais, o nome Cambaí passa a ter prioridade e, com isso, no Grupo Cambaí estariam incluídas as litologias mais antigas do embasamento.

Para a região oriental do Escudo, gnaisses e migmatitos (descritos por vários autores como pertencentes ao Grupo, Sub-Grupo ou Formação Cambaí) associados com rochas graníticas, têm fornecido idades dentro do intervalo 620-650 m.a. (CORDANI *et al.*, 1974) correspondendo, portanto, ao Ciclo Brasileiro.

Considerando esses fatos e tendo em vista que os gnaisses e migmatitos associados a rochas básico-ultrabási-

cas na porção ocidental do referido Escudo diferem quanto a petrografia e, possivelmente em idade, daqueles relacionados às rochas graníticas brasileiras e, provavelmente, mais acertado fundamentar a coluna estratigráfica do Precambriano no Rio Grande do Sul em duas grandes unidades cronoestratigráficas: Grupo Cambaí e Grupo Porongos conforme delineado no Quadro 2. A partir daí, estudos de campo e laboratório é que deverão estabelecer critérios mais precisos para a subdivisão dessas unidades.

Com relação às rochas graníticas, as de natureza sin-tectônica, incluindo a porção central do Granito São Sepé e outros complexos, como se verá adiante, foram inseridas no Grupo Porongos, enquanto as de caráter pós-tectônico se posicionam no Eopaleozóico. De resto, até a presente data, não se registraram granitos com idades pré-brasileiras.

Quadro 2 - ELEMENTOS PARA A REORGANIZAÇÃO DA COLUNA ESTRATIGRÁFICA DO PRECAMBRIANO DO ESCUDO SUL-RIOGRANDENSE

ERA	PERÍODO	GRUPO	FORMAÇÃO / LITOLOGIA
P R E C A M B R I A N O	S U P E R I O R (570-1.800 m.a.)	Bom Jardim	Vulcanismo andesítico (Hilário) e litologias associadas
		---(?)---	D (?)
			Formação Maricã
		P O R O N G O S	Ectinitos, migmatitos e rochas graníticas sin-tectônicas relacionadas
	M E D I O (1.800-2.600 m.a.)	C A M B A Í	Complexos básico-ultrabásicos e rochas metamórficas associadas. Gnaisses, migmatitos e outras litologias do mesmo evento metamórfico.

II

GEOLOGIA DA REGIÃO DE SÃO SEPÊ

TRABALHOS ANTERIORES

Publicações sobre a geologia da região de São Sepê bem como dos granitos existentes no Rio Grande do Sul, são restritas. As referências encontradas na literatura, em sua maioria, estão contidas nos trabalhos mais gerais de natureza regional, onde as principais unidades de rocha são descritas de modo genérico, visando facilitar a correlação e o mapeamento. Apenas os trabalhos de GONZI, 1961, abordando o Granito Rapakivi de Lavras do Sul, e o de PICADA, 1967, referindo-se à evolução geoquímica e mineralógica do Maciço Granítico de Encruzilhada, abordam o assunto mais pormenorizadamente. Assim, a falta de novas publicações, durante o último decênio, tem levantado grande número de questões sobre a origem e evolução dessas rochas.

Com referência ao Granito São Sepê, parte dele foi objeto de trabalhos geológicos em 1963, conduzidos por turmas de estudantes da Escola de Geologia de Porto Alegre. Nos levantamentos então realizados foi incluído a borda ocidental desse granito. A grande euforia pelos princípios que regem os fenômenos metassomáticos e de granitização, está registrada nos relatórios apresentados. Adeptos das idéias então de vanguarda de GONZI, admitiram origem metamórfica para os granitos, baseados no estudo de área restrita e sem a verificação correta sobre a natureza das rochas encaixantes. Em consequência disso, RIBEIRO, 1965, publicou um trabalho intitulado *Granitos Metamórficos em São Sepê, Rio Grande do Sul* citando que "os granitos na área são de dois tipos: granito alcalino (aflorante no extremo sul da área) e

granito sub-alcalino (na parte norte)", sendo este último o objeto de seu estudo. Afirma ainda que "estamos em presença de um granito metamórfico, sin-cinemático ou tardi-cinemático, formado em condições de mesozona e a uma temperatura abaixo de 500°C".

Na apresentação dos resultados do mapeamento da Quadrícula de Caçapava do Sul, na escala 1:250.000, RIBEIRO *et al.*, 1966, introduziram a denominação de "Stock" Granito-Granodiorito de São Sepê, traçando no mapa os seus limites, após revisarem suas relações de contato, e reproduzindo alguns dados extraídos dos trabalhos de RIBEIRO e BOCCHI, 1963, e de LUMMERTZ e TREIN, 1963.

O relatório final do Projeto Aerogeofísico Camaquã apresentado por JACKSON *et al.*, 1973, incluindo cartas geológicas na escala 1:50.000, baseadas em interpretações aerogramétricas da região de São Sepê, não trouxeram novidades em relação aos trabalhos anteriores.

Da mesma forma, no relatório sobre o Projeto Ouro no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, KAUL e RHEINHEIMER, 1974, incluíram mapa geológico na escala 1:25.000, baseado em foto-interpretação e abrangendo a borda ocidental do Granito São Sepê, sem modificações importantes em comparação aos trabalhos já citados.

Quando da publicação do mapa geológico do Rio Grande do Sul, na escala ao milionésimo, CARRARO *et al.*, 1974, elaboraram uma sūmula da geologia do Estado, incluindo no Grupo Cambaí os seguintes tipos de granitos:

- a - Granitos tipo Caçapava do Sul, representados por "stocks" e apófises de granitos sub-alcalinos de granulação grosseira. Seus contatos são predominantemente tectônicos e a granulação varia ao longo dos bordos, tornando-se geralmente microgranítica, sem modificação da composição. Não se verificam efeitos térmicos no

contato com as encaixantes.

- b - Granitos tipo Canguçu, representados por granitos sub-alcalinos e alcalinos, assim como granodioritos de granulação grosseira a média, ocorrem ao longo de grandes zonas de fraqueza com generalizada milonitização.*
- c - Granitos tipo Encruzilhada do Sul, representados por rochas de composição granodiorítica e granítica, com ou sem estruturas gnassóide e com caráter embrechítico proeminente. Apresentam enorme variação petrográfica, textural e estrutural e o contato com o conjunto migmatítico é gradacional.*

Embora este seja um trabalho de síntese regional, a classificação não é clara em relação às características definidas para cada um dos grupos, além de se tornar extremamente generalizada de modo a incluir todas as rochas graníticas que fazem parte do *Escudo Sul-Riograndense*.

Por último, CORDANI *et al.*, 1974, efetuando determinações radiométricas, pelo método Rb-Sr, em amostras dos granitos de São Sepê e da Ramada e de rochas vulcânicas ácidas da Formação Acampamento Velho, reuniram os pontos analíticos ao longo de uma mesma isócrona de referência e estabeleceram idade de 525 m.a., interpretando esses granitos como pequenos *stocks* de natureza sub-vulcânica e nitidamente pós-orogênicos. Neste trabalho, os autores citam o valor de 498 ± 26 m.a. obtido por DRESCH (inédito), através de uma determinação pelo método K-Ar, em feldspato alcalino de amostra do Granito São Sepê (Tabela 1).

Face a diversidade nas interpretações geológicas sobre a região, constatada pela leitura dos referidos trabalhos, tornou-se oportuna a retomada do estudo desse granito.

TABELA 1

IDADES ABSOLUTAS DE ROCHAS DA REGIÃO DE SÃO SEPE, RS, OBTIDAS PELO MÉTODO DO POTÁSSIO-ARGÔNIO

Número de Campo	Rocha	Material Analisado	SPK	% K	Ar ⁴⁰ rad. x 10 ⁻⁶ cc/g STP	Ar ⁴⁰ atm. %	Idade m. a.
122	Anfibolito	Plagioclásio	3043	0,1478	68,96	47,50	1003 ± 79
123	Anfibolito	Plagioclásio	3054	0,1170	24,61	36,57	835 ± 44
224	Andesito	Plagioclásio	3213	0,7450	33,48	15,46	504 ± 13
RS-12*	Granito	Feldspato Alcalino	2361	4,3281	98,38	2,98	498 ± 26

* Segundo DRESCH (inédito)

to em nível de investigação que pudesse propiciar respostas mais substanciais quanto sua natureza e relações com as de mais rochas da região.

Foi para isso, elaborado, na escala de 1:50.000, mapa geológico do Granito São Sepê, apresentado na escala de 1:100.000 na Figura 3, abrangendo a região compreendida entre os meridianos $53^{\circ}32'50''$ e $53^{\circ}45'19''$ a oeste de Greenwich, e paralelos $30^{\circ}08'01''$ e $30^{\circ}18'52''$ Sul. Em consequência dos levantamentos realizados com essa finalidade houve a necessidade de serem efetuadas sensíveis modificações, em relação aos estudos anteriores, na geologia do Granito e encaixantes. São descritas, por isso, a seguir as principais unidades litológicas delimitadas durante este trabalho.

COMPLEXO BÁSICO-ULTRABÁSICO DAS PEDRAS PRETAS

O Complexo das Pedras Pretas, descrito por MURATORI e LOPES, 1963, e MARINI e DELLA FÁVERA, 1963, encontra-se encaixado na extremidade sul do Granito São Sepê ocupando área de $2,55 \text{ km}^2$. Em breve nota, VILLWOCK e LOSS, 1970, publicaram as características geológicas e petrográficas da ocorrência em questão.

Para o presente estudo, com relação a este complexo, foram revisadas apenas as relações de contato, generalidades petrográficas e coletadas algumas amostras favoráveis para determinações geocronológicas.

O Complexo delimita-se com o Granito através de falhas (Figura 3), com evidências diretas dadas pela presença de brechas e espelhos de falha estriados.

Na sua extremidade sudoeste, uma estreita faixa de hornfels também está em contato por falha; ao sul, ele aparece coberto por sedimentos arenosos da Formação Rio Bonito.

— MAPA GEOLÓGICO DA REGIÃO DE SÃO SEPÉ, RS —

30°08'01"

COLUNA ESTRATIGRÁFICA				
ERA	PERÍODO	GRUPO/SUB	FORMAÇÃO	LITOLOGIA
CENOZÓICO	QUATERNÁRIO			Arelas e argilas de aluvião. Depósitos areno-argilosos superficiais.
PALEOZOICO	CARBONÍFERO	TUBARÃO	GUATÁ	Siltitos argilosos com estruturas de escorregamento.
			PALERMO	Arenitos ortoquartzíticos e subarcócos. Folhelhos siltico-argilosos com camadas de carvão.
			ITARARÉ	Siltitos homogêneos de cor creme.
			BUDÓ	
			ACAMPAMENTO VELHO	Microgranitos e riólitos associados.
	ORDOVICIANO	BOM	JARDIM	Granitos sub-alcálinos.
			HILÁRIO	Intrusões e derrames de lavas de composição andesito-basáltica.
			MARICÁ	Arenitos, metagrauwuques, metapelitos e ardózes.
			PORONGOS	Microgranito (m) e granitos (g) monzoníticos.
				Rochas metasedimentares: xistos, quartzitos e hornfelses pelíticos.
PRECAMBRIANO	MÉDIO	CAMBAÍ		Complexo básico-ultrabásico e rochas metamórficas associadas (mt).

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

- Contato
- Falha
- Deslocamento relativo de blocos falhados
- Atitude de camadas sedimentares
- Dique ou Filão
- Mina paralizada
- Perfil

CONVENÇÕES TOPOGRÁFICAS

- Estrada principal
- Estrada secundária
- Drenagem
- Açude
- Campo de aviação
- Cidade

ESCALA

1978

Situação geográfica da área

1987

Base topográfica: cartas de D.S.G. do Ministério da Guerra

Elaboração: P. L. SARTORI

Desenho: M. G. B. SARTORI

Figura-3

53°45'10"

30°18'52"
53°32'50"

MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS AMOSTRAS SÃO SEPÉ - RS

LEGENDA

- DRENAGEM
- AÇUDE
- ESTRADAS PRINCIPAIS
- ESTRADAS SECUNDÁRIAS
- AMOSTRAS
- PONTO TRIGONOMÉTRICO

ESCALA

Figura-4

O Maciço possui as características de um complexo básico-ultrabásico zoneado, semelhante aos descritos no Alasca e na Venezuela (MURRAY, 1973). Na sua parte central destaca-se a presença de dunito, em vários estágios de serpentinização, onde é comum forsterita, com ângulo $2V_z$ em torno de 88° , embora na maioria das amostras se apresente alterada a serpentina; anfibólios sem pleocroísmo, da série Tremolita-Actinolita, aparecem juntamente com quantidades menores de clorita, espinélio verde e opacos. Em direção às bordas, a rocha predominante é representada por anfibólito meta-gabro passando a anfibólito com o desaparecimento dos piroxênios; os plagioclásios são abundantes e a composição, obtida em algumas amostras, consta da Tabela 2; a labradorita predomina mas a andesina também aparece; bitownita com cerca de 76% da molécula de anortita foi constatada na amostra 123 onde são vistos, freqüentemente, núcleos de hipersênio envolvidos por auréola de reação formada de anfibólito. As leis de geminação mais comuns são as da Albita e de Carlsbad; quanto ao tipo estrutural, os cristais são em sua maioria de baixa temperatura e alteração a sericita é variável entre as lâminas examinadas. Dentre os anfibólios, destaca-se a hornblenda derivada dos piroxênios e outra espécie da série tremolita-actinolita, em menor quantidade, como agregados fibrosos; lamelas de flogopita e clorita são escassas.

Visando estabelecer o posicionamento estratigráfico desse Complexo, foram selecionadas duas amostras de rochas básicas para determinações radiométricas em cristais de plagioclásio, pelo método potássio-argônio. Os resultados analíticos são apresentados na Tabela 1.

Admitindo-se a idade obtida (1.000 m.a.) como sendo mínima, a composição mineralógica das rochas mostra que elas foram submetidas a processos metamórficos, em época posterior a cristalização, inclusive durante o desenvolvimento do Ciclo Brasileiro.

TABELA 2 - NATUREZA E COMPOSIÇÃO DE PLAGIOCLÁSIOS PRESENTES EM ROCHAS DO COMPLEXO BÁSICO-ULTRABÁSICO DAS PEDRAS PRETAS, RS
COMPOSIÇÃO DOS PLAGIOCLÁSIOS OBTIDA ATRAVÉS DOS SEGUINTE ESTEREOGRAMAS E GRÁFICOS

Amostra	Plano de Composição	Eixo de Geminação	Lei de Geminação	Tipo Estrutural	Projeção este-reográfica $\perp n_{\beta}$		Projeção este-reográfica $\perp n_{\beta}$ Polos dos Planos Crista-lográficos.		Ângulos de KOHLER			Ângulos de SLEMMONS		Composição Média (% An)
					Polos dos Eixos de Hemitro pia Paralelos e Complexos				$n_{\alpha} \wedge n_{\alpha'}$	$n_{\beta} \wedge n_{\beta'}$	$n_{\gamma} \wedge n_{\gamma'}$	$n_{\alpha} \wedge n_{\beta}$ AT.A.	$n_{\alpha} \wedge n_{\beta}$ AT.A.	
					I	II	I	II						
111	(010)	001	Carlsbad	-Plutônico	65,0	62,0	-	-	65,0	66,5	64,0	65,5	67,0	65,0
111	(010)	$\perp$ (010)	Albita	-Plutônico	-	-	63,0	62,0	63,0	65,0	62,0	62,5	62,5	63,0
111	(010)	$\perp$ 001 /(010)	Albita-Carlsbad	Plutônico	63,0	-	-	-	-	-	63,5	62,0	-	63,0
111	(010)	$\perp$ 001 /(010)	Albita-Carlsbad	-Plutônico	58,0	55,0	56,0	55,5	54,5	54,0	58,0	-	-	56,0
111	(010)	001	Carlsbad	-Plutônico	54,5	54,5	-	-	53,0	54,5	54,0	-	-	54,0
111	(010)	$\perp$ (010)	Albita	-Plutônico	-	-	51,0	52,5	52,5	-	-	51,0	52,0	51,5
113	(010)	$\perp$ (010)	Albita	-Plutônico	-	-	55,0	-	56,0	56,0	57,5	55,0	57,0	56,0
113	(010)	$\perp$ (010)	Albita	-Plutônico	-	-	54,5	55,0	56,5	54,5	57,0	54,0	-	55,0
113	(010)	$\perp$ (010)	Albita	Plutônico	-	-	42,0	42,0	-	-	-	42,0	42,0	42,0
113	(010)	001	Carlsbad	Plutônico	35,0	-	-	-	30,0	33,5	29,0	33,0	32,0	32,0
113	(001)	100	Ala A	Plutônico	30,0	30,0	-	-	31,0	30,0	-	30,0	30,0	30,0
113	(001)	100	Ala A	-Plutônico	30,0	-	-	-	-	-	30,0	30,0	30,0	30,0
114	(010)	$\perp$ (010)	Albita	Transição	-	-	59,0	59,0	60,0	-	59,0	59,0	58,0	59,0
114	(010)	$\perp$ (010)	Albita	Transição	-	-	57,0	55,0	56,0	-	57,0	56,0	58,0	56,5
114	(010)	001	Carlsbad	Plutônico	55,0	56,0	-	-	-	56,0	56,5	56,0	-	56,5
114	(010)	001	Carlsbad	-Plutônico	40,0	42,0	-	-	41,0	41,0	41,0	40,0	42,0	41,0
114	(010)	$\perp$ (010)	Albita	-Vulcânico	-	-	-	40,0	40,0	42,0	43,5	41,0	41,0	41,0
122	(010)	$\perp$ (010)	Albita	Plutônico	-	-	58,0	59,0	61,0	59,0	-	-	61,0	59,5
122	(010)	001	Carlsbad	-Plutônico	59,5	-	-	-	57,0	58,5	58,5	60,0	56,0	58,0
122	(010)	$\perp$ (010)	Albita	-Plutônico	-	-	49,0	48,0	47,0	-	-	48,0	48,0	48,0
123	(010)	$\perp$ 001 /(010)	Albita-Carlsbad	-Plutônico	76,0	78,0	-	-	78,0	79,0	-	76,5	79,5	78,0
123	(010)	001	Carlsbad	-Plutônico	78,0	78,0	-	-	77,0	75,5	76,0	-	-	77,0
123	(010)	001	Carlsbad	Plutônico	76,0	76,5	-	-	76,0	75,5	76,0	76,0	76,0	76,0
124	(010)	$\perp$ 100 /(010)	Albita-Ala B	-Vulcânico	68,0	68,0	-	-	-	69,0	-	68,0	68,0	68,0
124	(010)	$\perp$ (010)	Albita	Plutônico	-	-	65,0	64,5	64,5	65,0	65,0	65,0	64,5	65,0
124	(010)	001	Carlsbad	-Vulcânico	-	-	-	-	62,0	64,5	62,0	-	-	63,0
124	(010)	$\perp$ (010)	Albita	Plutônico	-	-	62,0	62,5	62,0	62,0	62,5	62,0	62,0	62,0
124	(010)	$\perp$ (010)	Albita	-Vulcânico	-	-	60,0	62,0	62,0	-	60,0	60,0	-	61,0

Como essas litologias guardam aspectos em comum com aquelas de Mata Grande, situada apenas a alguns quilômetros a oeste, admite-se que tais rochas básico-ultrabásicas, junto com as do Cerro Mantiqueiras, estejam relacionadas com atividades magmáticas de um ciclo mais antigo, no mínimo Transamazônico.

Tipos petrográficos semelhantes, constituindo corpos lenticulares encaixados em rochas cristalinas, foram estudados no Paraná por GIRARDI, 1974, podendo futuramente ser estabelecida correlação genética entre todas essas rochas.

GRUPO PORONGOS

Neste Grupo foram incluídas as rochas metamórficas geradas durante o desenvolvimento do Ciclo Brasileiro e que estão em contato direto com o Granito São Sepê ao longo da sua borda sudoeste.

A intrusão granítica originou, nessas rochas, uma faixa de hornfelses com a largura variável de algumas centenas de metros. Por isto, no presente trabalho, o estudo relativo a essa unidade restringiu-se à auréola de metamorfismo de contato.

As rochas apresentam cor variável de cinza-escuro a cinza-escuro-médio, textura hornfêlsica de grão fino, aspecto homogêneo e são muito resistentes ao choque com o martelo. Quando observadas em lâminas delgadas, as amostras evidenciam entre si pequenas diferenças texturais e mineralógicas que refletem variações na composição da rocha original e grau de metamorfismo.

O quartzo é abundante formando mosaico de pequenos grãos onde se intercalam os demais. A biotita é comum aparecendo, às vezes, como pequenos cristais (até 0,30mm).

poiquiloblásticos, com formas ovaladas e contornos irregulares destacando, em lâmina, textura maculosa observada nas rochas ao longo do Passo do Engenho; noutras situações, palhetas de biotita e/ou sericita se dispõem de maneira sub-paralela como resultado, possivelmente, da xistosidade presente na rocha de metamorfismo regional; do ponto de vista químico, análises com a microsonda eletrônica em algumas amostras (Tabela 3) indicaram teores em MgO superiores a 10%. Cristais de plagioclásio encontram-se associados ao quartzo, porém em quantidade menor e tamanho pequeno; geminações polissintéticas são raras e a composição abrange os campos de andesina e oligoclásio (Figura 5). Feldspato alcalino ocorre de modo semelhante, estando presente nas rochas com teores mais baixos em Al_2O_3 . A composição é apresentada na Figura 6.

Andalusita e cordierita foram minerais detectados em amostras provenientes do Passo da Juliana; estes minerais formam cristais poiquiloblásticos esponjosos e nas rochas em que aparecem não foi registrada a presença de feldspato alcalino. Palhetas de sericita são vistas como produto de alteração da cordierita. Cristais de granada, são comuns nesse local e seu tamanho médio acha-se compreendido entre 0,15 - 0,35 mm podendo alcançar até 0,60 mm de diâmetro; alguns são poiquiloblásticos e a composição, de vários grãos na amostra 271, indicou teores maiores da molécula de almandina (Tabela 4). Estauroлита é muito rara, tendo sido registrada apenas na amostra 88; os cristais são pequenos e com grande número de inclusões de quartzo. Segundo TURNER, 1968, almandina e estauroлита têm sido encontradas em rochas de metamorfismo de contato possuidoras de uma alta razão FeO/MgO. Assim sendo, a presença desses minerais parece relacionar-se muito mais com a composição da rocha do que com as condições de pressão.

Ao longo do Passo do Engenho, ao invés dos minerais acima descritos (cordierita, andalusita, almandina, es

TABELA 3

COMPOSIÇÃO QUÍMICA PARCIAL E FÓRMULA ESTRUTURAL DE BIOTITAS
DE HORNFELSES PELÍTICOS DA REGIÃO DE SÃO SEPÊ, RS

Amostra	90	234	242	243	271
SiO ₂	37,16	36,00	34,53	37,41	33,07
TiO ₂	1,94	2,79	4,14	3,87	1,79
Al ₂ O ₃	17,95	17,77	17,90	13,08	16,85
FeO*	20,85	19,01	19,52	20,66	23,44
MnO	0,43	0,35	0,33	0,42	0,17
MgO	9,73	12,07	9,17	10,70	13,67
CaO	0,29	0,29	0,33	0,35	0,33
Na ₂ O	0,25	0,19	0,27	0,24	0,17
K ₂ O	9,47	9,13	10,12	10,07	8,97
Total	98,28	97,84	96,62	97,40	98,55
Fórmula estrutural expressa na base de 22 átomos de oxigênio					
Si	5,504	5,320	5,230	5,626	5,008
Al ^{IV}	2,496	2,680	2,770	2,319	2,992
Al ^{VI}	0,637	0,415	0,425	-	0,006
Ti	0,216	0,310	0,471	0,438	0,204
Fe	2,583	2,349	2,472	2,599	2,969
Mn	0,054	0,044	0,042	0,053	0,022
Mg	2,148	2,659	2,070	2,399	3,086
Ca	0,046	0,046	0,053	0,056	0,053
Na	0,072	0,054	0,079	0,070	0,050
K	1,789	1,721	1,955	1,932	1,733

*FeO = Fe total

Figura 5 - Composição dos plagioclásios, em termos das moléculas de Ab-An-Or, de amostras de hornfelses pelíticos e meta-grauvaque (203) encaixantes do Granito São Sepê, RS.

Figura 6 - Composição dos feldspatos alcalinos, em termos das moléculas de Or-Ab-An, de amostras de hornfels pelíticos e meta-grauvaque (203) encaixantes do Granito São Sepê, RS.

TABELA 4

COMPOSIÇÃO QUÍMICA E FÓRMULA ESTRUTURAL DE GRANADAS DE HORN-
FELSES PELÍTICOS DA REGIÃO DE SÃO SEPÊ, RS

Amostra	90	271
SiO ₂	36,79	34,66
TiO ₂	0,15	0,06
Al ₂ O ₃	20,87	20,86
FeO*	22,08	33,91
MnO	15,25	3,46
MgO	1,41	3,13
CaO	2,71	3,36
Na ₂ O	0,15	0,10
K ₂ O	0,05	0,04
Total	99,45	99,59

Fórmula estrutural expressa na base de 24 átomos de oxigênio

Si	6,014	5,698
Al ^{IV}	-	0,302
Al ^{VI}	4,018	3,741
Ti	0,018	0,007
Fe	2,989	4,663
Mn	2,072	0,482
Mg	0,344	0,767
Ca	0,475	0,592
Na	0,047	0,032
K	0,010	0,008
Almandina	50,76	71,69
Espessartita	35,58	7,38
Piropo	5,73	11,85
Grossulária	7,93	9,08

*FeO = Fe total

taurólita), aparecem com frequência pequenos cristais de granada (0,05 - 0,09 mm); dados químicos relativos a amostra 90 (Tabela 4) destacam os teores das moléculas de almandina e espessartita. É possível que a granada esteja substituindo a cordierita nos tipos litológicos mais ricos em ferro e manganês. Para CHINNER, 1960, o aumento de manganês nas granadas, torna mais fácil a nucleação originando, normalmente, cristais de tamanho pequeno.

Diminutos prismas de anfibólio aparecem em algumas amostras (247 e 231) exibindo contornos irregulares e aspecto poiquiloblástico; as características ópticas desses prismas sugerem a presença de hornblenda.

Epídoto e muscovita são escassos mas às vezes se associam. A clorita surge como produto de alteração da biotita, da hornblenda e de alguns cristais de almandina, dispondo-se preferencialmente em fraturas. Turmalina, na forma de prismas muito pequenos com pleocroísmo verde, foi identificada em algumas amostras. Opacos aparecem inclusos na biotita ou como grãos irregulares associados a ela.

Na extremidade sudoeste do Complexo Básico-Ultrabásico das Pedras Pretas situa-se pequena ocorrência de hornfelses em contato direto com o Granito São Sepê. Dados fornecidos pela microsonda eletrônica sobre o anfibólio existente na amostra 243 (Tabela 5) revelaram a presença de magnésio-hornblenda (Figura 7) de acordo com o esquema de classificação proposto por LEAKE, 1968. Nesta amostra aparecem ainda grãos de titanita e prismas de apatita geralmente inclusos na hornblenda e na biotita. Zircão é raro, de contornos arredondados e incluso noutros minerais.

A semelhança e proximidade dessa rocha com as que ocorrem ao longo do Arroio do Engenho, permite considerá-las equivalentes.

Quanto a classificação, essas rochas representam

TABELA 5

COMPOSIÇÃO QUÍMICA PARCIAL E FÓRMULA ESTRUTURAL DE ANFIBÓ-
LIOS DE VÁRIAS ROCHAS DA REGIÃO DE SÃO SEPÉ, RS

	hornfels	pelítico	meta-grauvaque	meta-basalto
Amostra	243		203	208
SiO ₂	48,45		49,99	48,92
TiO ₂	0,51		0,44	0,61
Al ₂ O ₃	7,21		6,33	6,56
FeO*	16,88		14,14	11,52
MnO	0,54		0,50	0,30
MgO	11,98		13,38	16,87
CaO	11,57		11,99	1,246
Na ₂ O	0,85		0,83	0,48
K ₂ O	0,64		0,72	0,47
Total	98,63		98,32	98,19

Fórmula estrutural expressa na base de 23 átomos de oxigênio

Si	7,122	7,246	7,054
Al ^{IV}	0,878	0,754	0,946
Al ^{VI}	0,371	0,337	0,169
Ti	0,056	0,049	0,066
Fe	2,075	1,729	1,389
Mn	0,067	0,062	0,036
Mg	2,625	2,917	3,626
Ca	1,821	1,879	1,925
Na	0,120	0,135	0,086
K	0,242	0,236	0,135
mg	0,55	0,62	0,72

*Feo = Fe total

Figura 7 - Anfibólitos presentes em meta-grauvaque, meta-basalto e hornfels pelítico, projetados no diagrama de classificação de LEAKE, 1968.

hornfels pelíticos derivados de rochas xistosas do Grupo Porongos, formadas inicialmente por metamorfismo regional de baixo grau (fácies xistos-verdes). A natureza da assembléia mineral de metamorfismo de contato, gerada em função da composição da rocha e das condições físicas, na época da cristalização sob a ação da intrusão granítica, permite situar o grau de metamorfismo alcançado dentro da fácies hornblenda-hornfels. Assim sendo, é possível que a temperatura na aureola metamórfica tenha atingido valores compreendidos entre 480° - 580°C , sob pressões da ordem de 1 - 1,5 Kbars (TURNER, 1968).

FORMAÇÃO MARICÁ

Rochas pertencentes a esta formação, definida por LEINZ *et al.*, 1941, na Serra de Maricá, afloram ao longo do contato leste-sudeste do Granito São Sepê, ao sul do grande falhamento que secciona o Granito com direção geral este-oeste (Figura 3) onde se encaixa o curso do Rio São Sepê. O contato desta Formação com os xistos do Grupo Porongos é discordante e, ao longo da estrada municipal que liga a BR-392 com a região do Cerrito do Ouro, ela se encontra coberta pelos arenitos da Formação Rio Bonito.

A intrusão granítica também provocou efeitos de metamorfismo de contato nas rochas que compõem a Formação Maricá e favoreceu o surgimento de complexo sistema de diaclasamento, numa aureola com algumas centenas de metros de largura.

Na zona de contato, as rochas apresentam-se com aspecto maciço e de cor cinza-escuro-média a cinza-escuro nos leitos mais finos. Em lâminas delgadas destaca-se a textura clástica e a presença de grãos angulosos de quartzo, feldspatos e fragmentos de rocha, com tamanho médio inferior a 0,55 mm, imersos numa matriz recristalizada. O quartzo é

muito comum, observando-se modificações nas bordas por efeito de reação com a matriz. Dentre os feldspatos, os plagioclásios são mais abundantes mostrando, também, bordas de reação com a matriz; alteração à sericita, às vezes juntamente com epidoto, é comum. Fragmentos de rocha derivados principalmente de quartzitos, gnaisses e metabasitos, aparecem em quantidade menor. Na matriz, além de quartzo, foram identificados vários minerais: anfibólio, é relativamente comum aparecendo como prismas isolados ou formando agregados; análises com a microsonda eletrônica na amostra 203 (Tabela 5) revelaram a presença de hornblenda actinolítica (Figura 7), conforme a classificação de LEAKE, 1968; biotita, está presente em quantidade pequena em algumas amostras; epidoto, também aparece na matriz, normalmente associado à clorita, na forma de pequenos agregados de grãos; palhetas de sericita, se juntam a esses minerais em quantidade variável nas amostras analisadas; apatita, zircão e calcita são raros, com esta última preenchendo também microfraturas na rocha; opacos aparecem frequentemente envolvidos por óxido de titânio (leucoxeno); cristais de brookita, são vistos em alguns pontos da rocha provavelmente como resultado da recristalização deste último; trata-se de mineral com alta birrefringência e grande dispersão apresentando o ângulo $2V_z$ em torno de 30° .

Petrograficamente, essa rocha pode ser classificada, ao longo da auréola, como meta-grauvaque de contato.

Intercalações de meta-pelito de cor cinza-escura são frequentes; em lâmina, foi possível identificar-se a sericita e o quartzo como minerais dominantes; biotita, clorita e opacos foram registrados em menor quantidade.

Em relação à estratigrafia, considerando que as litologias da Formação Maricã foram atravessadas por rochas vulcânicas do Grupo Bom Jardim (Formação Hilário), para as quais se dispõe de alguns dados geocronológicos (conforme se

rã referido a seguir) é admissível enquadrar essa Formação no final do Precambriano Superior.

Por outro lado, as deformações e o metamorfismo de contato que afetaram essas rochas, atestam que elas sofreram os efeitos da tectogênese do Ciclo Brasileiro, durante o *emplacement* das intrusões graníticas de natureza pós-tectônica.

GRUPO BOM JARDIM (FORMAÇÃO HILÁRIO)

Neste grupo reuniram-se pequenas intrusões e derrames de lavas de natureza andesito-basáltica que aparecem atravessando a Formação Maricã, nas proximidades e em contato direto com o Granito São Sepê.

Algumas intrusões, na forma de diques com direção geral NE - SW, foram localizadas a distância em torno de 500 metros da extremidade sudeste do referido granito. Essas rochas se apresentam de cor cinza-escuro-médio e a textura é porfirítica, com a presença de fenocristais de plagioclásio e de anfibólio.

Os plagioclásios mostram cor cinza-claro e comprimento médio entre 1,5 - 3,6 mm, podendo atingir até 6,0 mm em algumas amostras; às vezes, contudo, eles apresentam cor vermelho-claro e comprimentos entre 1,2 - 1,7 mm. Os cristais são euédricos observando-se nas bordas de alguns, entre tanto, o efeito de reação com a matriz. A composição, determinada por meios ópticos através da platina universal, revelou nas amostras 222, 223 e 224 teores ao redor de 30,5% da molécula de anortita (Tabela 6); zoneamento é comum e, dados obtidos na periferia de alguns cristais forneceram valores por volta de 22% de anortita (oligoclásio). Um fato a destacar foi o registro de oito leis de macla nas vinte e três determinações efetuadas, com a predominância dos tipos para

TABELA 6 - NATUREZA E COMPOSIÇÃO DE PLAGIOCLÁSIOS PRESENTES EM META-BASALTO(208) E ANDESITOS(222, 223, 224), DA REGIÃO DE SÃO SEPE, RS
COMPOSIÇÃO DOS PLAGIOCLÁSIOS OBTIDA ATRAVÉS DOS SEGUINTE ESTEREOGRAMAS E GRÁFICOS

Amostra	Plano de Composição	Eixo de Geminação	Lei de Geminação	Tipo Estrutural	Projeção este-reográfica $\perp n_B$ Polos dos Eixos de Hemitropia Paralelos e Complexos		Projeção este-reográfica $\perp n_B$ Polos dos Planos Cristalográficos.		Ângulos de KOHLER			Ângulos de SLEMMONS		Composição Média (% An)
					I	II	I	II	$n_{\alpha}An_{\alpha}$	$n_{\beta}An_{\beta}$	$n_{\gamma}An_{\gamma}$	$n_{\alpha}AT.A.$ $n_{\beta}AT.A.$	$n_{\alpha}AT.A.$ $n_{\beta}AT.A.$	
208	(010)	[001]	Carlsbad	-Vulcânico	65,0	67,0	66,0	-	-	65,0	66,0	64,0	65,0	65,0
208	(010)	$\perp(010)$	Albita	-Plutônico	-	-	64,0	64,0	64,0	-	64,0	63,0	64,0	64,0
222	(010)	$\perp(010)$	Albita	-Plutônico	-	-	32,0	30,5	-	32,0	32,0	34,0	32,0	32,0
222	(010)	[100]	Ala B	Vulcânico	-	30,0	-	-	33,0	-	-	32,0	32,0	32,0
222	(010)	[100]	Ala B	-Plutônico	30,5	33,0	-	30,5	32,5	-	-	31,0	31,0	31,5
222	(010)	$\perp(010)$	Albita	-Plutônico	-	-	30,0	30,5	-	30,5	30,5	30,0	31,0	30,5
222	(001)	[100]	Ala A	Transição	30,0	29,5	-	-	30,5	-	-	30,0	30,0	30,0
222	(010)	[100]	Ala B	-Plutônico	30,0	30,0	29,0	29,5	29,0	31,0	32,0	30,0	30,0	30,0
222	(010)	[100]	Ala B	-Plutônico	30,0	29,0	-	-	30,5	-	-	29,0	31,0	30,0
222	(001)	[010]	Aclina	-Plutônico	28,0	27,5	-	-	-	30,5	30,0	28,0	31,0	29,0
222	(010)	$\perp(010)$	Albita	-Plutônico	-	-	29,0	-	29,0	27,5	28,5	28,0	-	28,5
223	(010)	$\perp[100]/(010)$	Albita-Ala B	-Plutônico	-	35,0	-	-	33,0	33,5	34,0	33,0	33,0	33,5
223	(010)	$\perp[100]/(010)$	Albita-Ala B	Vulcânico	32,0	32,0	33,0	-	35,0	31,5	32,0	33,0	-	32,5
223	(001)	[100]	Ala A	-Plutônico	31,0	30,5	-	-	31,0	-	-	30,0	30,0	30,5
223	(001)	[100]	Ala A	Plutônico	29,5	29,5	30,5	-	30,5	-	-	30,0	30,0	30,0
223	(010)	$\perp[100]/(010)$	Albita-Ala B	Plutônico	30,0	30,0	29,0	-	30,0	29,0	29,5	29,5	30,0	29,5
223	(010)	$\perp(010)$	Albita	-Plutônico	-	-	28,0	-	-	27,5	28,5	28,0	-	28,0
223	(010)	$\perp[001]/(010)$	Albita-Carlsbad	Plutônico	25,0	25,0	-	-	24,0	23,0	23,5	24,0	24,0	24,0
223	(001)	$\perp(001)$	Manebach	-Plutônico	-	-	23,0	23,0	-	-	-	23,0	23,0	23,0
223	(010)	[001]	Carlsbad	Plutônico	20,0	-	-	-	20,0	20,5	-	20,0	20,0	20,0
224	(010)	[100]	Ala B	-Vulcânico	33,0	34,5	-	-	34,5	34,5	-	32,0	33,0	33,5
224	(010)	[100]	Ala B	-Vulcânico	34,5	34,0	-	-	32,5	-	-	30,0	30,0	32,0
224	(010)	$\perp(010)$	Albita	-Plutônico	-	-	24,0	24,0	-	24,5	24,5	24,0	24,0	24,0
224	(010)	$\perp(010)$	Albita	-Plutônico	-	-	19,0	21,0	-	-	20,0	20,0	20,0	20,0
224	(010)	$\perp(010)$	Albita	Plutônico	-	-	19,5	19,5	20,0	20,0	21,0	20,0	20,0	20,0

lela e normal. Em relação ao estado estrutural, a inspeção da referida Tabela mostra que predominam os plagioclásios de baixa temperatura, o que, aliás, era esperado, pois as medidas restringiram-se aos fenocristais.

Os cristais de anfibólio são menores, variando entre 0,7 - 1,5 mm de comprimento. O pleocroísmo é em tons de verde (Z = verde forte; Y = verde; X = verde pálido) e o ângulo máximo de extinção $Z \wedge c = 17^\circ$, foi determinado em secções longitudinais segundo (010) de cristais geminados, com o plano de macla (100) paralelo às linhas de clivagem; nas secções basais a extinção é simétrica. Essas características ópticas indicam a presença de hornblenda.

Na matriz, além dos minerais já referidos, aparecem como acessórios grãos de opacos, quartzo, apatita e zircão. Dentre os minerais secundários destacam-se: sericita e epidoto associados aos plagioclásios; palhetas de biotita e clorita, como produtos de alteração da hornblenda.

Do ponto de vista estratigráfico, rochas de composição semelhante que ocorrem no Escudo Sul Riograndense compõem a Formação Hilário. RIBEIRO, 1970, a fim de evitar redefinir a nomenclatura já existente, preferiu designar todo o complexo de rochas sedimentares clásticas e vulcânicas que compunham as Formações Arroio dos Nobres e Crespos, como Grupo Bom Jardim (Indiferenciado), dada a íntima interrelação e recorrência na sequência dos estratos.

Dentre as datações geocronológicas disponíveis até o presente momento para essas rochas, pelo método K-Ar, destaca-se a idade de 560 ± 25 m.a. obtida por MINIOLI e KAWASHITA, 1971, em amostra proveniente da localidade de Volta Grande, próximo a Lavras do Sul.

Uma determinação pelo mesmo método, a partir de fenocristais de plagioclásios extraídos da amostra 224, proveniente de um dique situado a cerca de 500 metros do Granito São Sepê, forneceu idade de 504 ± 13 m.a. (Tabela 1).

Este valor, coincidindo aproximadamente com a idade do Granito, torna evidente a influência térmica deste último que redundou na fuga do argônio radiogênio contido no plagioclásio.

Ao longo da Sanga do Lajeado, o Granito mostra relações de intrusão com um derrame de lava de natureza basáltica de cor cinza-escuro, com textura microgranular onde se destacam alguns fenocristais de plagioclásio, anfibólio e pequenas amígdalas (1,6 - 2,6 mm) que podem atingir até 5,0 mm de diâmetro; a maioria delas está preenchida com cristais de quartzo porém, em algumas, observa-se também a presença de anfibólio e, mais raramente, de calcita e epídoto.

A composição dos fenocristais de plagioclásio obtida por meios ópticos (Tabela 6) e através da microsonda eletrônica (Figura 8), acusou teores ao redor de 64,5% de anortita (labradorita).

A análise dos cristais de anfibólio que ocorrem como fenocristais, na matriz e em algumas amígdalas, revelou a presença de magnésio-hornblenda (Tabela 5), segundo a classificação de LEAKE, 1968 (Figura 7).

Na matriz, o plagioclásio é mais sódico com uma composição média de 57,5% de anortita. Como acessórios aparecem grãos de opacos e de titanita, com apatita e quartzo presentes em quantidade menor. Sericita e epídoto são produtos de alteração de alguns cristais de plagioclásio.

A disseminação de opacos e titanita na matriz, a falta de piroxênios e a presença de hornblenda inclusive em amígdalas indicam efeitos metamórficos na rocha, permitindo classificá-la como meta-basalto de contato.

GRANITO SÃO SEPÊ

A denominação "*Stock*" granito-Granodiorito de São Sepê foi introduzida na literatura geológica por RIBEIRO *et*

Figura 8 - Composição dos plagioclásios, em termos das moléculas de Ab-An-Or, de meta-basalto encaixante do Granito São Sepê.

al., 1966, em razão da variação petrográfica constatada, durante o mapeamento parcial desse maciço realizado, conforme já foi referido, por estudantes da Escola de Geologia de Porto Alegre, no ano de 1963.

Quanto às dimensões, se considerarmos o termo *stock* empregado por BUDDINGTON, 1959, na designação de plutões com área superficial de afloramento inferior a 100 km², verifica-se, no mapa geológico (Figura 3), que a superfície ocupada pelas rochas graníticas ultrapassa este limite. De outra parte, observando-se o mapa de intensidade magnética total da região (Figura 9), elaborado pela equipe do Projeto Aerogeofísico Camaquã, toma realce extensa área de suas variações magnéticas de baixa intensidade, indicativa da presença de granitos.

Pela comparação das duas Figuras citadas, nota-se que a parte norte do maciço acha-se coberta pelos sedimentos da Bacia do Paranã, como atestam as *ilhas* de granitos mapeadas e, por isso, é justificável a hipótese dessas rochas constituírem um corpo de dimensões bem maiores.

Nos últimos anos, trabalhos que vem sendo desenvolvidos tem mostrado que muitos dos grandes batólitos, como o de Sierra Nevada, Idaho e outros, são constituídos por um número de plutões menores de composição diferente.

Segundo RAGUIN, 1970, os batólitos compostos apresentam, geralmente, a fácies externa mais básica e a fácies central mais silicosa ou mais alcalina.

Assim sendo, como veremos adiante, em face de sua natureza geológica, torna-se mais adequada a denominação de *Complexo Granítico de São Sepê* para este batólito formado por mais de um plutão e cuja composição é inversa a da citada por RAGUIN.

MAPA DE INTENSIDADE MAGNÉTICA TOTAL DA REGIÃO DE SÃO SEPÉ, RS

CONVENÇÕES DA INTERPRETAÇÃO

E	Área de suave variação magnética de baixa intensidade circundada por anomalias circulares de intensidade média.	GRANITOS
B	Áreas de anomalias de amplitude média a baixa variando de orientadas a não orientadas.	METAMORFITOS
A	Áreas de intensidade e frequência magnética baixa.	GRANITOS E GNAISSES OU ROCHAS VULCÂNICAS ÁCIDAS
	Contatos	
	Falhas	

Figura 9

GRUPO TUBARÃO

O Grupo Tubarão (MENDES, 1962), abrangendo uma sequência sedimentar permo-carbonífera da Bacia do Paraná, está representado no mapa geológico (Figura 3) pelas formações Budô, Rio Bonito e Palermo.

Na Formação Budô (GAMERMANN *et al.*, 1974), foram incluídas algumas ocorrências restritas de siltitos homogêneos de cor creme, localizadas no extremo sul e sudeste do mapa. Do ponto de vista litológico e estratigráfico, essas rochas são correlacionáveis com aquelas que afloram ao sul de Acampamento Velho, no município de Lavras do Sul (SARTORI, 1966).

A Formação Rio Bonito (GORDON JÚNIOR, 1947), por outro lado, abrange área significativa fazendo contato com o Granito São Sepê ao norte e noroeste do mesmo, bem como numa determinada faixa em sua extremidade sudeste. Ela repousa discordantemente sobre as rochas graníticas e os efeitos erosivos geraram ao norte, ilhas de granito circundadas por sedimentos; a maior delas situa-se na porção ocidental do mapa. Na zona central, remanescentes da Formação são vistos rodeados pelo Granito. Em certos locais ela estabelece, também, profundas reentrâncias na linha de contato com o referido maciço; a sua natureza sedimentar e a inclinação das camadas para norte, determinam topografia suave, com drenagem conseqüente e paisagem de coxilhas constituindo relevo de *cuestas*. O campo de aviação da cidade de São Sepê (Figura 4) foi construído sobre uma destas feições depois de devidamente aplainada. Litologicamente, predominam arenitos do tipo ortoquartzito e sub-arcósio, nas proximidades do contato com o granito. A granulometria varia entre areia média a grossa e o cimento é de natureza silicosa. Intercalações de sedimentos mais finos estão representadas por folhelhos siltico-argilosos, de cor cinza a amarela, contendo por

vezes delgadas camadas de carvão. Afloramentos deste, podem ser vistos em alguns cortes ao longo da rodovia BR-392, no trecho mapeado.

Finalmente, em sua extremidade norte, o Complexo Granítico acha-se em contato com a Formação Palermo (GORDON JÚNIOR, 1947). A litologia desta é representada, predominantemente, por siltitos argilosos de cor cinza a amarela, apresentando estruturas de escorregamento. No contato com o Granito, intercalados com arenitos feldspáticos, os siltitos se apresentam de cor cinza-escuro, silicificados, contendo fósseis que vem sendo estudados por BORTOLUZZI e outros.

SEDIMENTOS QUATERNÁRIOS

Estes localizam-se nas várzeas do Rio São Sepê e arroios da região, com predominância de areias e cascalhos na zona granítica e de areias e argilas sobre a área sedimentar. Depósitos areno-argilosos, por vezes, são também observados sobre as formações sedimentares, separados por uma linha de seixos de quartzo.

III

O COMPLEXO GRANÍTICO DE SÃO SEPÊ

O *Complexo Granítico de São Sepê*, em sua área de afloramento, apresenta forma alongada na direção nordeste-sudoeste, estendendo-se para sudoeste da cidade que lhe empresta o nome. Suas dimensões equivalem, como já visto, as de um batólito embora, ao norte, esteja em grande parte recoberto pelas rochas sedimentares da Bacia do Paraná (Figura 3).

Na zona mediana, o Complexo acha-se seccionado por uma falha principal ao longo da qual ocorreu o soerguimento do bloco sul, que combinado com processos erosivos determinou exposição maior das rochas graníticas.

A morfologia da área de afloramentos das rochas graníticas apresenta topografia acidentada, com desníveis superiores a uma centena de metros, pelo entalhamento mais profundo da drenagem. A altitude maior situa-se ao redor de 300 metros, na zona central, junto a estrada que leva ao Rincão dos Teixeira (Figura 4). A rede hidrográfica principal está representada pelo Rio São Sepê, com seus vários afluentes, atravessando a região de sudoeste a nordeste. Praticamente todos os cursos d'água se apresentam adaptados às linhas tectônicas, mostrando bruscas mudanças de direção e conferindo à rede drenagem do tipo retangular. Campos de matacões se espalham por toda a parte, especialmente ao longo das encostas, apresentando feições diversas de acordo com a natureza da rocha, conforme veremos adiante. Na cobertura vegetal, predominam gramíneas e arbustos; estes, formam matas-galeria ao longo dos cursos d'água ou se concentram entre os matacões maiores onde a proteção e, conseqüentemente, o desenvolvimento são favorecidos.

Do ponto de vista tectônico, os falhamentos apresentam-se como as estruturas mais importantes, destacando-se

a grande falha com direção este-oeste que atravessa o Complexo Granítico e ao longo da qual se instalou um trecho do curso do Rio São Sepê. Ela mostra rejeito horizontal da ordem de 1,5 km, medido pelo deslocamento da massa granítica central, sendo portanto uma falha transcorrente dextrôgira relacionada, possivelmente, com os eventos finais do Ciclo Brasiliano. Em época posterior, durante a reativação da Plataforma Sul Americana, no Mesozóico, ela pode ter agido como falha de gravidade vertical, ocasionando o soerguimento relativo do bloco sul. Evidência a este respeito deve-se à presença de pequenos diques de diabásio que, preenchendo fraturas paralelas e associadas àquela principal, estão relacionados com o magmatismo que afetou toda a Bacia do Parana e adjacências, durante o Cretáceo - Inferior. Outras falhas importantes com direções noroeste-sudeste, nordeste-sudoeste e norte-sul estão presentes (Figura 3), dividindo os granitos da zona central em duas partes: norte e sul. Frequentemente, brechas com cimento silicoso preenchem algumas das falhas.

Fraturas segundo várias direções também são comuns, onde se encaixam muitos diques de microgranito e mais raramente de riólito, sugerindo contemporaneidade e associação de fenômenos. Outras, entretanto, estão ocupadas por filões de quartzo ou, ainda, de fluorita lilás.

Com referência ainda aos aspectos estruturais da região é ilustrativa a apresentação do mapa elaborado por JACKSON *et al.*, 1973, durante a realização do Projeto Aerogeofísico Camaquã. Assim sendo, conforme vê-se na Figura 10, os referidos autores posicionaram um eixo de levantamento com direção geral nordeste - sudoeste, segundo o alongamento do *Complexo Granítico de São Sepê*, com base em evidências geomorfológicas, topográficas e litológicas, justificando, em parte, a forma atual da sua área de exposição.

MAPA DE ANÁLISE ESTRUTURAL DA REGIÃO DE SÃO SEPÉ, RS

Coluna Estratigráfica Simplificada

ERA / PERÍODO	GRUPO/FORMAÇÃO	ROCHA	SIMBOLOGIA
PALEOZÓICO	PASSA DOIS/ TUBARÃO	Arenitos e Folhelhos	Ppdt
		Granitos	
EO-CAMBRIANO	MARICÁ	Arenitos	EoEma
PRECAMBRIANO	PORONGOS	Metamorfitos	pEp

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

- Falha baseada em feições geomorfológicas e geológicas.
- Fratura de tensão.
- Contato entre unidades litológicas.
- Linhas de formas estruturais baseadas em mergulhos superficiais, evidências geomorfológicas e padrões litológicos.
- Eixo de levantamento inferido de evidências geomorfológicas, topográficas e litológicas.

Figura 10

PETROGRAFIA

O *Complexo Granítico de São Sepê* não é massa homogênea de rocha, detectando-se, na simples inspeção das amostras coletadas nas áreas de afloramento, variedades que se distinguem por aspectos texturais, mineralógicos e locais de ocorrência. Assim, pelo mapeamento e estudo petrográfico efetuados, tornou-se possível destacar as seguintes unidades de rochas principais:

MICROGRANITO DA PARTE CENTRO-SUL

Esta unidade rochosa aflora na parte centro-sul do Complexo Granítico (Figura 3) onde destacam-se, morfologicamente, pequenos cerros de formas arredondadas, separados por vales estreitos ocupados por alguns afluentes do Rio São Sepê que marca o limite norte-noroeste desta ocorrência. A cota maior situa-se na zona central a 204 metros de altitude e ao norte, numa parte mais baixa e topograficamente plana, a rocha se encontra coberta por sedimentos da Formação Rio Bonito, constituindo amplo vale que acompanha a margem direita do Rio.

Praticamente em todos os cerros delinea-se grande número de matacões, com diâmetros por volta de meio metro ; eles são resistentes ao choque com o martelo, sendo fácil a obtenção de amostras inalteradas. Conseqüentemente, a região é pedregosa, de campo ralo, com pequenos arbustos e matas-galeria acompanhando o curso dos arroios.

A rocha granítica apresenta cor cinza-médio podendo, localmente, mostrar tonalidade mais escura ou clara. As variedades de tonalidade mais clara encontram-se, em geral, próximas às bordas dessa unidade. Sua textura é porfirítica não orientada, pois, em matriz microgranular abundan

te, destacam-se fenocristais de feldspatos, que são escassos na zona central e mais comuns rumo à periferia da unidade. Por conseguinte, enquanto pequenas amostras da zona central exibem textura microgranular (Foto 1), aquelas coletadas na extremidade dessa massa rochosa destacam granulação maior (Foto 2). Além disso, os fenocristais de feldspato al_{calino} (vermelho pálido) são mais abundantes e maiores que os de plagioclásio (branco); enquanto o alongamento dos primeiros situa-se entre 1,5-1,0 cm, nos últimos está compreendido entre 1,0-0,5 cm. Esporadicamente, alguns cristais de quartzo enfumaçado, de contornos irregulares, mostram comprimento entre 0,3-0,7 cm. De qualquer modo, os maiores valores registrados nas dimensões dos minerais foram obtidos em amostras da zona periférica.

Merece destaque é o fato de alguns fenocristais de feldspato alcalino se apresentarem envoltos por fina película de plagioclásio caracterizando, portanto, textura do tipo *rapakivi*, que também se torna mais conspícua na medida em que nos afastamos da área central.

A observação microscópica de várias amostras põe em evidência a textura hipidiomórfica, com a maioria dos minerais possuindo dimensões inferiores a um milímetro.

Os plagioclásios são os principais constituintes mineralógicos da rocha, com formas alongadas e contornos subédricos. Geminações do tipo normal polissintética e complexa são comuns. A composição, determinada através de algumas amostras (Figura 15), é variável no intervalo relativo ao oligoclásio, embora, pelo zoneamento composicional, o núcleo de vários grânulos atinge o campo da andesina, com teores entre 33 - 39% An; a borda corresponde a um oligoclásio sódico e, muito raramente, albita. Por outro lado, a constituição dos fenocristais não difere daquela dos seus congêneres da matriz e, com referência a *textura rapakivi*, importa referir que o manto de plagioclásio apresenta a mesma zonação acima

Fotos 1 e 2 - Variedades de granitos da parte centro-sul do Complexo de São Sepê, RS. Em cima, exemplar do microgranito predominante; embaixo, amostra da variedade porfirítica com fenocristais de feldspatos que ocorre apenas na borda do maciço. Fotos, aproximadamente, em tamanho natural.

registrada. Alteração a sericita aparece no centro de alguns grânulos, junto com pequenos grãos de epidoto e mais raramente calcita. O contorno, entretanto, é límpido. Mirmekitos são raros e pouco desenvolvidos, aparecendo em certas amostras da periferia; eles se desenvolvem nas bordas de alguns plagioclásios quando em contato com feldspatos alcalinos. Inclusões são raras tendo sido registrada a presença de minúsculos grãos de opacos, apatita, zircão, hornblenda ou de biotita.

O feldspato alcalino apresenta as características ópticas do ortoclásio. Nos fenocristais envoltos pelo plagioclásio, o contato com a auréola é irregular gerando-se pequenas *ilhas* do primeiro no último. Não obstante, em conjunto, o núcleo de ortoclásio mostra contorno ovalado. Geminação segundo a Lei Carlsbad foi observada em alguns, com o plano de associação tendo continuidade na auréola de plagioclásio. Pertitas são comuns na forma de veios irregulares, aproximadamente paralelos a face (001). Na matriz, o ortoclásio se apresenta anédrico e intersticial, geralmente desprovido de pertitas e leis de macla. Inclusões mais frequentes são de plagioclásio, biotita, opacos e hornblenda.

O quartzo é abundante exibindo-se anédrico e intersticial. O tamanho é serial, com a média obtida em várias amostras situando-se entre 0,30 - 0,85 mm, embora sempre estejam presentes alguns menores (0,15 mm) e outros maiores (1,4 - 1,8 mm). Extinção ondulante é comum, porém amena. Inclusões de outros componentes da matriz são habituais; em determinadas circunstâncias, o quartzo assume o estado poiquilítico, englobando quantidades maiores.

A biotita é o principal mineral ferromagnésiano, com pleocroísmo em tons de castanho e tamanho médio compreendido entre 0,2 - 0,5 mm; esporadicamente, algumas palhetas atingem 1,5 mm. Quanto às inclusões, as mais comuns são de opacos, aparecendo, por vezes, zircão com halos pleocrói

cos e apatita. Em certas amostras, determinadas lamelas sofreram alteração à clorita, com modificações nas cores de pleocroísmo para tons de verde e na de interferência para um azul anômalo. Quando isso ocorre, é freqüente a concentração de opacos ao longo dos planos de clivagem ou nas bordas do cristal, com ou sem a presença de grãos de epídoto.

Anfibólio aparece em quantidade menor. Os cristais constituem prismas alongados de contornos euédricos, com o maior comprimento situado entre 0,25 - 0,80 mm; na zona periférica da rocha, contudo, alguns atingem 2,0 mm. O pleocroísmo se apresenta em tons de verde a amarelo-pálido-esverdeado e a composição química, obtida através da amostra 67 (Tabela 7) revelou a presença de uma hornblenda ferroedenítica (Figura 11), conforme o esquema de classificação proposto por LEAKE, 1968. Como produtos de alteração foram consignadas, em alguns cristais, transformações à biotita e clorita, junto com a titanita de contornos irregulares. Dentre as inclusões figuram grãos de opacos, apatita e zircão.

Os minerais opacos também apresentam limites irregulares e dimensões inferiores a 0,15 mm. Quando não estão presentes como inclusões noutros minerais, normalmente se juntam aos ferromagnesianos, especialmente a biotita.

Apatita, zircão e allanita são escassos e diminutos. Sericita, clorita, epídoto, titanita e calcita já foram referidos como produtos secundários, sendo que os dois últimos, com freqüência, se dispõem ao longo de fraturas.

Foram efetuadas análises modais em quinze lâminas delgadas, levando em conta as precauções sugeridas por HUTCHISON, 1974, com o auxílio de um contador de pontos, adaptável ao microscópio de polarização. Os resultados conseguidos fazem parte da Tabela 8 e a posição ocupada pelos pontos analíticos no triângulo elaborado por STRECKEISEN, 1974, para a classificação e nomenclatura das rochas plutônicas, é vista na Figura 12. Apenas dois pontos (amostras

TABELA 7

COMPOSIÇÃO QUÍMICA PARCIAL E FÓRMULA ESTRUTURAL DE ANFIBÓ-
LIOS DE ROCHAS GRANÍTICAS DA PARTE CENTRAL DO COMPLEXO DE
SÃO SEPÊ, RS

Amostra	35	38	67	135	255	444
SiO ₂	43,56	43,89	43,07	44,35	42,91	43,63
TiO ₂	1,63	1,47	1,92	1,26	1,47	1,32
Al ₂ O ₃	6,84	6,90	7,74	6,69	7,08	6,92
FeO*	23,92	23,66	23,34	23,75	24,17	23,90
MnO	0,67	0,60	0,83	0,79	1,13	0,67
MgO	8,02	8,26	8,38	8,26	7,63	8,04
CaO	10,42	10,30	10,38	10,39	10,95	10,88
Na ₂ O	2,00	1,92	1,88	1,70	1,89	1,77
K ₂ O	1,37	1,58	1,21	1,34	1,26	1,32
Total	98,43	98,58	98,75	98,53	98,49	98,45
Fórmula estrutural expressa na base de 23 átomos de oxigênio						
Si	6,762	6,788	6,642	6,854	6,693	6,770
Al ^{iv}	1,238	1,212	1,358	1,146	1,301	1,230
Al ^{vi}	0,013	0,045	0,050	0,073	-	0,035
Ti	0,191	0,171	0,222	0,146	0,172	0,154
Fe	3,105	3,061	3,010	3,070	3,154	3,102
Mn	0,088	0,079	0,108	0,103	0,149	0,088
Mg	1,855	1,905	1,925	1,902	1,775	1,860
Ca	1,732	1,707	1,715	1,720	1,830	1,808
Na	0,272	0,312	0,238	0,259	0,252	0,260
K	0,601	0,575	0,563	0,492	0,571	0,533
mg**	0,37	0,38	0,38	0,37	0,35	0,37

*FeO = Fe total

** mg = parâmetro de NIGGLI

Figura 11 - Anfibólios de rochas graníticas da parte central do Complexo de São Sepê, projetados no diagrama de classificação de LEAKE, 1968.

TABELA 8

COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA MODAL DE AMOSTRAS DO MICROGRANITO DA PARTE CENTRO-SUL DO COMPLEXO DE SÃO SEPÊ, RS

Amostra	58	61	63	65	66	67	97	98	128	251	283	401	404	411	424
Quartzo	29,46	31,24	28,96	29,06	28,25	32,38	30,63	30,70	30,78	30,04	29,50	28,63	30,02	30,04	29,50
Feldspato Alcalino	25,94	30,29	22,12	27,50	23,98	27,45	21,71	21,88	23,22	24,08	29,44	23,97	25,00	23,73	25,05
Plagioclásio	35,87	34,29	40,92	35,20	40,19	33,56	43,90	41,52	38,28	35,58	32,72	40,06	41,60	39,29	37,60
Anfibólio	2,72	1,43	0,18	2,38	0,66	1,42	tr	0,43	0,06	1,89	2,38	tr	tr	tr	3,25
Biotita	4,56	1,71	7,64	4,95	6,11	4,69	3,52	3,99	6,83	7,29	5,30	5,60	2,91	4,98	0,99
Clorita	0,40	0,56	-	0,18	0,35	tr	tr	0,89	0,44	0,17	-	1,42	0,34	1,78	2,98
Opacos	0,88	0,29	0,09	0,46	0,24	0,25	0,24	0,59	0,39	0,50	0,48	0,24	0,13	0,18	0,36
Outros	0,16	0,14	0,09	0,27	0,22	0,25	-	-	-	0,39	0,18	0,18	-	-	0,27

Figura 12 - Rochas graníticas do Complexo de São Sepê, projetadas no diagrama de classificação modal de STRECKEISEN, 1974: A-microgranito da parte centro-sul; B-granito da parte centro-norte; C-granito periférico; D-microgranitos de intrusões menores.

97 e 98) situaram-se no campo 4 estabelecido aos *granodioritos*; todos os demais, ocuparam a porção *b* do campo correspondente aos *monzogranitos*.

Embora o sistema de classificação apresentado por STRECKEISEN, 1974, tenha sido recomendado pela *Sub-Comissão Sobre a Sistemática das Rochas Ígneas*, criada pela União Internacional de Ciências Geológicas, os nomes propostos para a subdivisão do campo 3 relativo aos granitos, tais como: *granito A* e *granito B*, *granito alfa* e *granito beta*; *sienogranito* e *monzogranito*, devem ser reavaliados.

Já que o granito é a rocha plutônica mais comum e abundante na crosta continental, devemos aplicar aos subcampos 3a e 3b denominações que contenham significado mineralógico ou químico (em vez de *A* e *B*; *alfa* e *beta*), que não releguem a um segundo plano o termo granito (por exemplo, o prefixo *sieno* lembra de imediato os sienitos, rochas bem mais restritas) e que levem em conta a nomenclatura comumente usada na literatura geológica para essa rocha. Por conseguinte, acreditamos que os nomes *granito sub-alcalino* (ou *calco-alcalino*) e *granito monzonítico* (ou *adamellito*) descrevem melhor as características das variedades ora em pauta e, por isso, serão aqui utilizados como complemento da nomenclatura granito 3a e 3b da classificação de STRECKEISEN, 1974. Esta conclusão apoia-se ainda no fato de que os nomes escolhidos foram termos introduzidos em outros esquemas de classificação como, por exemplo, o de JUNG e BROUSSE, 1959, com largo uso na literatura sobre granitos (Figura 13).

Assim, concluindo a análise petrográfica desta porção do Complexo Granítico, a rocha, do ponto de vista textural e mineralógico, pode ser classificada como *microgranito monzonítico porfirítico*, com tendência granodiorítica em sua região mais central.

Figura 13 - Diagrama de classificação modal para as rochas graníticas, segundo JUNG e BROUSSE, 1959 (*in* RAGUIN, 1970).

GRANITO DA PARTE CENTRO-NORTE

Esta rocha compõe a parte centro-norte do Complexo Granítico, onde o Rio São Sepê instalou seu percurso na direção e sentido sul-norte. Com isso, a topografia põe em evidência uma zona de encosta, que forma o vale do referido rio, seccionada pelos afluentes que chegam até ele. O local de maior altitude situa-se a leste da Fazenda do Marco e atinge 175 metros. Matações de rocha, com tamanho variado, são abundantes e se distribuem ao longo das encostas. O campo é pedregoso com gramíneas, arbustos e vegetação de porte maior delineando as margens do Rio.

Na extremidade sul, a rocha granítica entra em contato através de um sistema de falhamentos, com o *microgranito monzomítico* anteriormente descrito; a leste, encontra-se um granito avermelhado envolvente que representa variedade diferente descrita a seguir; o flanco norte e oeste, está parcialmente coberto pelos arenitos da Formação Rio Bonito. Circundada pelos sedimentos desta formação, uma pequena ocorrência do granito é atravessada pela estrada que leva ao Passo do Troncoso (Figura 4), situada no canto noroeste da área mapeada (Figura 3).

Do ponto de vista petrográfico, esse granito se apresenta de cor cinza-médio, mesclado com castanho-avermelhado-pálido, devido a presença de feldspato alcalino em proporção e tamanho variável. A textura é porfirítica não orientada e os fenocristais podem atingir até 1,5 cm de comprimento. A matriz, por sua vez, é de granulação média a fina (Fotos 3 e 4).

Embora não seja feição que se destaque à primeira vista, observa-se com relativa frequência, próximo à zona periférica da área de ocorrência da unidade, a textura do tipo *rapakivi* relacionada, preferencialmente, com cristais entre 0,5 - 1,0 cm de comprimento.

Fotos 3 e 4 - Granito da parte centro-norte do complexo de São Sepê, RS. Exemplos coletados em pontos extremos de ocorrência porém com texturas semelhantes características desta parte do maciço. Notar também semelhança de feições texturais com a variedade focalizada na Foto 2, que sugere ligações de origem. Fotos, aproximadamente, em tamanho natural.

Quando visto através do microscópio petrográfico, o feldspato alcalino mostra as características ópticas do ortoclásio. Nos fenocristais, a forma varia de subédrica a anédrica e o contorno do mineral é geralmente irregular. Macula de Carlsbad não é incomum e pertitas aparecem como veios anastomosados, dispostos paralelamente a face (001), ou em forma de chama. Quando este feldspato apresenta a textura do tipo *rapakivi*, as feições são muito semelhantes às descritas anteriormente. Na matriz, o ortoclásio se mostra anédrico, com dimensões compreendidas entre 1,0 - 2,5 mm, contendo pertitas na forma de veios. Em certas amostras, especialmente naquelas coletadas próximo a zona limítrofe do maciço, alguns feldspatos alcalinos aparecem substituindo parcialmente outros de plagioclásio. De modo geral, este processo parte de uma das extremidades do cristal, avançando em direção ao centro e com isso, o feldspato alcalino toma a forma do plagioclásio original; nos casos em que esta substituição não ocorreu totalmente, pequenas porções deste último, no conjunto, se assemelham a pertitas do tipo *patch*. Inclusões de outros constituintes da rocha são mais comuns próximo aos contornos dos cristais.

Os plagioclásios são subédricos e geminações polissintéticas estão invariavelmente presentes com a predominância dos tipos normal e complexa. Alguns, com dimensões maiores, chegam a se destacar como pequenos fenocristais de comprimento situado entre 0,5 - 1,0 cm, ao passo que os da matriz situam-se entre 0,8-2,0 mm. Em relação a composição os limites de variação abrangem, de modo genérico, o campo do oligoclásio; assim, enquanto o núcleo apresenta, normalmente, teores compreendidos entre 15 - 25% da molécula de anortita, as bordas acusam concentrações entre 10 - 15% de An (Figura 15); em determinados grânulos, contudo, os teores na periferia são inferiores a 10% de An, correspondendo ao campo da albita. Dentre os produtos de alteração observados, destaca-se a presença de sericita que, às vezes, parece esta

belecer o contorno original de um grão mineral que foi envolvido posteriormente por nova camada de plagioclásio. Como inclusões, registrou-se a presença de quartzo gráfico, prismas de anfibólio, apatita, zircão e opacos.

O quartzo é abundante, anédrico e intersticial. As dimensões dos grãos atingem tamanho máximo entre 3,5-4,5mm, embora a maioria esteja compreendida entre 1,0-2,5 mm. Extinção ondulante e fissuras são comuns, bem como inclusões dos demais constituintes mineralógicos da rocha.

Dentre os ferromagnesianos, a biotita é o representante principal, com pleocroísmo em tons de castanho. Ela se apresenta como pequenas palhetas de tamanho médio compreendido entre 0,30 - 0,80 mm. Inclusões de opacos são comuns e mais raramente de zircão gerando halos pleocrômicos. Em algumas amostras certas lamelas mostram alterações à clorita e concentração de opacos ao longo dos planos de clivagem.

Anfibólio foi detectado porém é mineral escasso; exhibe hábito prismático e pleocroísmo em tons de verde. A sua composição química (Tabela 7) corresponde a ferro-edenita com passagem para hornblenda ferroedenítica (Figura 11) e o tamanho médio dos cristais varia entre 0,30 - 1,0 mm, podendo atingir até 2,0 mm de comprimento.

Apatita está presente como diminutos prismas inclusos na biotita ou no anfibólio. Titanita anédrica foi constatada em algumas lâminas, junto a uma concentração de opacos, em fraturas de anfibólitos parcialmente alterados à biotita. Epidoto constitui pequenos agregados e o zircão mostra-se euédrico desenvolvendo halos pleocrômicos. Opacos surgem como pequenas inclusões na biotita e no anfibólio ou como grãos maiores associados a estes minerais.

Quanto à proporção dos constituintes mineralógicos da rocha, a Tabela 9 fornece os resultados de quinze análises modais.

TABELA 9

COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA MODAL DE AMOSTRAS DO GRANITO DA PARTE CENTRO-NORTE DO COMPLEXO DE SÃO SEPE, RS

Amostra	35	38	131	134	135	248	253	255	257	430	443	451	454	456	462
Quartzo	34,06	35,34	36,49	33,30	33,25	34,36	31,42	30,45	34,39	33,45	32,55	32,11	33,74	34,30	33,47
Feldspato Alcalino	27,71	23,64	23,05	27,31	23,15	28,31	29,18	25,10	22,72	24,78	26,75	29,76	23,63	26,68	28,88
Plagioclásio	30,40	34,33	35,04	34,88	34,32	29,21	31,68	33,83	35,73	32,60	31,56	31,83	38,25	33,47	31,04
Anfibólio	1,56	1,34	0,18	0,37	1,12	1,09	2,51	1,93	3,17	1,98	1,73	0,19	0,24	0,69	0,54
Biotita	4,87	4,85	1,26	3,78	7,29	6,53	4,24	7,22	2,56	5,84	6,30	5,45	3,53	4,57	5,67
Clorita	0,57	0,17	3,52	-	0,53	0,10	0,13	0,67	0,61	0,18	0,25	-	0,37	0,14	0,13
Opacos	0,74	0,33	0,36	0,18	0,34	0,40	0,26	0,52	0,43	0,99	0,49	0,38	0,12	0,14	0,13
Outros	0,09	-	0,09	0,18	-	-	0,58	0,28	0,49	0,18	0,37	0,28	0,12	-	0,13

A projeção dos pontos analíticos na Figura 12 mostra que eles ocupam o sub-campo 3b, relativo aos *granitos monzoníticos*, mas, quando comparados com aqueles referentes ao *microgranito monzonítico*, exibem tendência ao acréscimo nos teores de quartzo e feldspato alcalino.

Considerando o que foi visto até aqui, conclui-se que a rocha de composição *granito-monzonítica porfirítica* da parte central do Complexo de São Sepê, apresenta variações texturais e mineralógicas que permitiram distinguir os dois tipos petrográficos descritos.

GRANITO PERIFÉRICO

A variedade de rocha dominante no Complexo de São Sepê está representada por um granito de cor castanho-avermelhada-pálida, com variações na tonalidade vermelha de suave a moderada.

A sua área de exposição mostra topografia ondulada com a presença de colinas separadas por vales relativamente estreitos por onde flui a rede de drenagem. O Rio São Sepê, ao longo do seu trajeto no sentido oeste-este, escavou nesse granito um vale relativamente profundo, nos flancos do qual se observam a presença de facetas triangulares que evidência sua natureza tectônica associada.

As maiores altitudes em toda a região estão situadas nessa área atingindo valores em torno de 300 metros. O solo é delgado e pedregoso, com teores elevados em areia quartzo-feldspática.

Afloramentos de massas rochosas, constituindo grandes lages desprovidas de solo e vegetação, são comuns e quando dispostas ao longo do leito dos cursos d'água, propiciam a formação dos *lajeados*, nome pelo qual são vulgarmente conhecidos. Outrossim, a presença de um padrão de fraturamen-

to sub-horizontal favorece a ocorrência de pequenas cachoeiras pela formação de vários degraus durante o percurso d'água.

Matacões acham-se espalhados por toda parte com tamanho variável atingindo, freqüentemente, alguns metros de diâmetro; em conjunto, são maiores do que aqueles provenientes das outras variedades já descritas de granitos do Complexo. O fato de muitos deles se localizarem próximo às estradas de acesso à região, permite que sejam explorados como material de construção: brita, blocos para alicerce, moirões e paralelepípedos.

Esse granito circunda a área de ocorrência dos granitos e microgranitos monzoníticos com passagem brusca de um tipo ao outro, realçada pelas diferenças na cor, textura e mineralogia. Nas proximidades da zona de contato entre as variedades verifica-se, em alguns afloramentos, a presença de enclaves com até meio metro de diâmetro, de formas irregulares, contatos nítidos e, petrograficamente, correlacionáveis com o microgranito monzonítico, como atesta a composição dos plagioclásios de ambas as rochas (Figura 15).

Texturalmente, o granito periférico apresenta-se granular, todavia, durante a realização dos trabalhos de campo, ficou evidenciada uma feição característica que consiste na variação sistemática de sua granulação; assim, na zona central ela é grossa tornando-se gradativamente mais fina em direção à periferia do Complexo; este fato está relacionado, principalmente, com o desenvolvimento maior ou menor, em tamanho, do feldspato alcalino e quartzo que são os minerais predominantes (Fotos 5 e 6).

Cavidades miarolíticas estão distribuídas de modo esparso e com diâmetro variável, no intervalo de alguns centímetros até pouco menos de meio metro; elas estão preenchidas por cristais idiomórficos de feldspato alcalino (microlínio), prismas hexagonais piramidados de quartzo de baixa temperatura, do tipo enfumado ou leitoso, palhetas pseu

Fotos 5 e 6 - Variedades do granito periférico do Complexo de São Sepê, RS. Fotos, aproximadamente, em tamanho natural. Variedade de textura granular mais grossa, característica das partes centrais do granito periférico; variedade de textura granular mais fina, característica da borda do Complexo. A passagem de um tipo ao outro é gradual.

dohexagonais de muscovita e mais raramente de biotita. Segundo BUDDINGTON, 1959, essas estruturas miarolíticas são comuns em leuco-granitos de epizona.

Veios de quartzo leitoso, de pequena espessura e comprimento variável, freqüentemente ocupam fraturas na rocha.

Em relação à composição mineralógica do granito periférico, os feldspatos alcalinos são os constituintes principais. As características ópticas indicam a presença de ortoclásio mostrando contorno subédrico a anédrico. Maccla de Carlsbad é comum e pertitas dispõem-se como veios sub-paralelos e anastomosados; nos grãos geminados estes veios estão arranjados de modo aproximadamente perpendicular ao plano de maccla e, portanto, paralelos a face (001). Quando o feldspato alcalino aparece substituindo o plagioclásio, não se observa esse tipo de pertita; entretanto, como a substituição quase nunca é total, restam porções de plagioclásios que se assemelham a pertitas do tipo *patch* com geminação polissintética. O tamanho dos grãos é seriado mas acompanha a variação geral na granulação da rocha; em média, o comprimento maior ocupa o intervalo entre 3,0 - 6,0 mm, podendo ultrapassar 1 cm na zona central ou situar-se em torno de 1,5 mm na periferia do Complexo Granítico. Inclusões de outros minerais são comuns e em certas amostras, coletadas próximo às bordas do maciço, alguns grânulos de ortoclásio desenvolvem intercrescimento gráfico com o quartzo, sugerindo cristalização simultânea.

Os plagioclásios são mais restritos e subédricos e quando em contato com o quartzo os contornos se configuram irregulares. Geminações polissintéticas normais ou complexas estão invariavelmente presentes e a composição registra zoneamento pouco acentuado (Figura 15); enquanto a localização dos pontos analíticos relativos a região do núcleo dos cristais corresponde, de modo geral, ao campo do oligoclásio

sódico, a extremidade dos mesmos é equivalente à albita. A presença de sericita como um produto de alteração não é fato importante, pois, a maioria dos grânulos se apresentam límpidos. Quanto ao tamanho eles situam-se entre 1,0 - 3,5 mm de comprimento.

O quartzo existe em abundância, mostrando-se anédrico e intersticial. O tamanho é seriado com a média entre 2,0 - 5,0 mm. Extinção ondulante e fissuras são comuns, bem como inclusões de outros minerais geralmente próximo às bordas. Por vezes, como já foi referido, forma com o ortoclásio intercrescimento gráfico.

A biotita aparece em pequena quantidade e raramente ultrapassa 1 mm de tamanho. O pleocroísmo é castanho com variações na tonalidade de claro a escuro; a transformação de algumas lamelas à clorita muda o pleocroísmo para tons de verde, surgindo também cor de interferência azul anômala. Dentre as inclusões, destacam-se minúsculos grãos de opacos; zircão é raro, porém, quando presente gera halos pleocrômicos.

De maneira esparsa foram ainda identificados, em algumas amostras, pequenos cristais de apatita, titanita, calcita, fluorita e muscovita, às vezes associada à clorita.

Foram realizadas 25 análises modais em lâminas de amostras coletadas em diferentes locais, ao longo da área de afloramentos do granito periférico. Os resultados analíticos constam da Tabela 10. Na Figura 12 verifica-se que os pontos representativos dispõem-se próximos ao limite entre os sub-campos 3a e 3b de STRECKEISEN, 1974, tendo a rocha sido classificada como um *granito sub-alcalino*. Por outro lado, a sua composição distingue-se daquelas anteriormente descritas pela maior abundância dos feldspatos alcalinos em relação aos plagioclásios.

TABELA 10

COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA MODAL DE AMOSTRAS DO GRANITO PERIFÉRICO DO COMPLEXO DE SÃO SEPÊ, RS

Amostra	5	20	36	45	46	60	77	79	80	82	83	84	89
Quartzo	35,15	36,18	37,82	39,20	38,87	39,53	36,83	35,07	37,89	33,84	34,35	34,22	39,24
Feldspato alcalino	38,64	44,50	34,57	33,77	34,91	40,60	41,46	39,23	43,69	41,86	43,05	37,09	37,21
Plagioclásio	22,51	16,70	23,12	23,05	22,66	16,51	18,24	22,51	15,94	21,32	18,57	26,05	20,92
Biotita	3,57	2,54	3,72	3,84	2,87	2,99	2,60	2,99	1,58	2,47	3,76	2,35	2,12
Clorita	-	-	0,19	-	0,46	-	0,58	0,10	0,15	0,35	0,09	0,15	0,15
Opacos	0,15	0,08	0,39	0,13	0,23	0,22	0,20	0,10	0,75	0,07	0,10	0,15	0,22
Outros	-	-	0,19	-	-	0,15	0,09	-	-	0,09	0,07	-	0,14

Tabela 10 (continuação)

Amostra	91	100	101	104	132	133	256	260	265	275	277	314
Quartzo	37,58	37,33	35,90	36,89	37,26	35,03	35,99	35,17	35,37	38,46	36,36	38,89
Feldspato alcalino	41,32	38,74	40,76	42,90	35,82	37,74	37,39	39,97	41,58	37,47	39,85	39,48
Plagioclásio	19,65	20,65	20,38	18,59	23,21	24,27	23,24	22,44	20,09	22,08	21,00	19,83
Biotita	1,25	3,13	2,63	0,87	3,13	2,35	1,79	0,50	0,96	0,74	1,78	1,35
Clorita	0,10	-	0,07	0,37	0,07	0,15	1,20	1,30	1,92	1,00	0,71	0,15
Opacos	0,10	0,15	0,13	0,25	0,44	0,46	0,25	0,22	0,04	0,25	0,12	0,30
Outros	-	-	0,13	0,12	0,07	-	0,15	0,40	0,04	-	0,18	-

INTRUSÕES MENORES

Diques de microgranito e alguns de riólito, frequentemente ocupam fraturas existentes no *granito sub-alcalino*. Não obstante, a largura centimétrica de muitos deles impossibilitou sua localização no mapa geológico (Figura 3).

Somente na extremidade sul do Complexo Granítico um corpo maior com feições de intrusão foi delimitado. Conquanto os aspectos gerais referentes à mineralogia sejam semelhantes aos do granito periférico, o aspecto textural (Foto 7) e a composição química da biotita e do plagioclásio ($An < 10\%$) são algumas das feições distintivas; além disso, os plagioclásios se apresentam límpidos e com zoneamento quase imperceptível (Figura 15). A fluorita de cor lilás é vista em pequena quantidade preenchendo fraturas. No campo, esta rocha apresenta um sistema de diaclasamento sub-vertical bem desenvolvido segundo as direções $N30^{\circ}-35^{\circ}E$ e $N80^{\circ}-85^{\circ}E$; na área restrita de ocorrência desta rocha instalaram-se as duas maiores pedreiras da região, em forma de anfiteatro, para a obtenção de brita.

Na porção nordeste do Complexo, na periferia da cidade de São Sepê e proximidades da Vila Pontes (Figura 4), aflora outro microgranito de cor vermelha moderada e granulação fina (Foto 8), cujas relações de contato com a massa granítica principal a oeste não puderam ser precisadas, em razão da falta de continuidade nos afloramentos ao longo da zona em que um tipo cede lugar ao outro (Figura 3). Contudo, na saída da cidade pela estrada que leva ao município de Cachoeira do Sul, logo após a ponte sobre o Rio São Sepê, surge novamente o *granito sub-alcalino* já descrito com textura granular média. Por conseguinte, tal fato sugere que essa faixa de microgranito vermelho, possa também corresponder a uma intrusão menor subsequente.

No corte de estrada, na Rodovia BR-392, próximo ao Rio São Sepê, esse microgranito mostra um sistema de dia

Fotos 7 e 8 - Microgranitos de intrusões menores do Complexo de São Sepê, RS. Em cima, exemplar coletado em dique situado na extremidade sul do Complexo; embaixo, amostra de mesma natureza proveniente de intrusão localizada na parte nordeste do Complexo. Fotos, aproximadamente, em tamanho natural.

TABELA 11

COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA MODAL DE AMOSTRAS DE MICROGRANITOS DE INTRUSÕES MENORES DO COMPLEXO DE SÃO SEPE, RS

Amostra	74	99	120	121	129
Quartzo	39,44	40,05	40,09	39,31	39,69
Feldspato alcalino	44,92	40,83	39,80	39,11	43,28
Plagioclásio	13,51	15,13	17,42	18,88	15,63
Biotita	1,01	3,08	1,75	2,08	0,14
Clorita	0,67	0,21	0,27	-	0,07
Opacos	0,34	0,31	0,54	0,31	0,70
Outros	0,11	0,39	0,13	0,31	0,49

clasamento bem desenvolvido segundo as direções $N70^{\circ}-80^{\circ}E$ e $N20^{\circ}-30^{\circ}W$, associado a diáclases sub-horizontais com espaçamento entre 0,5-1,0 metro. Algumas das fraturas sub-verticais são ocupadas por fluorita lilás e outras por quartzo leitoso. Pequenas cavidades miarolíticas, raramente ultrapassando 5 cm de diâmetro, são comuns e às vezes preenchidas com cristais hexagonais piramidados de quartzo enfumaçado e feldspato alcalino idiomórfico. O grande número daquelas com tamanho inferior a 1 cm, contudo, aumentam a porosidade da rocha, favorecendo os processos de alteração.

Em relação à mineralogia destaca-se no ortoclásio a presença de uma pigmentação avermelhada por óxido de ferro. Por vezes, toma realce intercrescimento micrográfico entre o feldspato alcalino e o quartzo.

Noutros locais, ocorrências de microgranitos constituem corpos filonianos bem menores e por isso, na sua maioria, não foram individualizados no mapa geológico.

Análises modais em lâminas de amostras provenientes de algumas ocorrências dessas rochas, estão contidas na Tabela 11, e a Figura 12 mostra a localização dos pontos analíticos no sub-campo 3a do triângulo de STRECKEISEN, 1974. Por outro lado, como a composição do plagioclásio é albítica, com teores geralmente inferiores a 5% de An, essas rochas devem ser enquadradas no campo 2 recebendo, neste caso, a denominação de *Orotoclásio-Albita Microgranitos* ou de *Microgranitos Alkali-Feldspáticos*.

Para ilustrar as relações de contato entre as litologias descritas e que fazem parte do *Complexo Granítico de São Sepé*, são apresentados dois perfis geológicos na Figura 14.

Figura 14 - Perfis geológicos, construídos a partir do mapa da Figura 3, mostrando as relações entre as principais litologias do Complexo Granítico de São Sepé e as rochas encaixantes.

CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS ESPECIAIS

FELDSPATOS

Com auxílio da microsonda eletrônica foram analisados os teores de K, Na e Ca em 646 grânulos de feldspatos, provenientes de 30 amostras representativas das principais variedades de rochas do *Complexo Granítico de São Sepé*. As medidas realizadas, conduzidas por métodos e condições analíticas descritas no Apêndice 1, totalizaram 1241 determinações que foram levadas a efeito, com vistas à caracterização química desses minerais, em termos de porcentagem em peso dos componentes moleculares: ortoclásio, albita e anortita.

Os resultados analíticos dos plagioclásios, obtidos no núcleo e na borda de grânulos, foram projetados nos diagramas ternários da Figura 15. Ainda que tenham sido registradas variações na composição química desses minerais presentes numa mesma amostra, observa-se, na citada figura, que existe certo zoneamento do tipo normal. Outros, sim, esses plagioclásios, quando relacionados com as rochas que foram descritas como fazendo parte do *Complexo Granítico*, mostram sensíveis diferenças nos teores da molécula de anortita. Tal fato, melhor enfatizado pelos histogramas da Figura 16, indica que os tipos mais cálcicos estão restritos à região centro-sul onde aflora o *microgranito monzonítico*, enquanto aqueles essencialmente albiticos fazem parte das amostras pertencentes aos *microgranitos álcali-feldspáticos* de intrusões menores. Nos casos da textura do tipo *rapakivi* a variação composicional, ao longo da auréola, coincide com a que ocorre nos demais grânulos de plagioclásios presentes na mesma rocha.

Com referência aos feldspatos alcalinos, quando pertíticos, foram analisadas as fases coexistentes e os re

Figura 15 - Composição dos plagioclásios, em termos das moléculas de Ab-An-Or, de amostras do Complexo Granítico de São Sepê: A-microgranito da parte centro-sul; B-granito da parte centro-norte; C-enclave de A em D; D-granito periférico; E-microgranitos de intrusões menores.

Figura 16 - Variação da composição de plagioclásios em amostras do Complexo Granítico de São Sepê: A-microgranito da parte centro-sul; B-granito da parte centro-norte; C-granito periférico; D-microgranitos de intrusões menores. Nas abcissas, porcentagem em peso de anortita. Nas ordenadas, frequência absoluta.

sultados acham-se projetados nos diagramas ternários da Figura 17. A observação dos dados em conjunto, nos histogramas da Figura 18, mostra que na região central de composição *granito-monzonítica*, os teores da molécula de ortoclásio no feldspato potássico situam-se entre 80-95%, com a moda a 87,5%; naquelas provenientes do *granito sub-alcalino* envolvente, os referidos teores ocupam o intervalo 85 - 100%, com a moda em torno de 92,5%; no caso dos *microgranitos alcali-feldspáticos* de intrusões menores, o intervalo de variação é o mesmo, porém com a moda a 97% de Or.

Em relação às pertitas, nos feldspatos de amostras do *granito sub-alcalino* e dos *microgranitos de intrusões menores*, as análises acusaram a presença de albita com teores geralmente inferiores a 5% de An. De outra parte, nas rochas graníticas que ocupam a região central do Complexo registraram-se, em alguns grânulos, teores de anortita superiores a 20%; o exame óptico, entretanto, revelou que nesses casos o que realmente ocorrem são pseudopertitas, originadas da substituição parcial de plagioclásio anterior pelo feldspato potássico.

Finalmente, para a determinação do grau de triclinicidade dos feldspatos alcalinos foram extraídos cristais de rochas representativas do Complexo Granítico e analisados por difratogramas de raios X. Com o intuito de comparação, incluiu-se a determinação de um cristal de microclínio, apresentando a dupla macla albita-periclíneo, extraído de uma amostra de sienito fornecida pelo Geólogo Ricardo Francesconi. Os resultados são mostrados na Figura 19 onde acha-se registrado, também, o difratograma de um padrão interno de silícia, com a sua reflexão de Bragg mais intensa de $2\theta = 28,467$, indicando a necessidade de correção equivalente a + 0,22 que foi feita nas leituras, por causa de pequeno desvio provocado pelo equipamento durante a impressão dos gráficos. Enquanto o cristal extraído do sienito acusou triclinicidade de 0,87, outro proveniente de uma cavidade

Figura 17 - Composição dos feldspatos potássicos e pertitas, em termos das moléculas de Or-Ab-An, de amostras do Complexo Granítico de São Sepê: A-microgranito da parte centro-sul; B-granito da parte centro-norte; C-enclave de A em D; D-granito periférico; E-microgranitos de intrusões menores.

ORTOCLÁSIO

PERTITA

-87-

A

B

C

D

Figura 18 - Variação da composição de feldspatos potássicos e pertitas em amostras do Complexo Granítico de São Sepê: A-microgranito da parte centro-sul; B-granito da parte centro-norte; C-granito periférico; D-microgranitos de intrusões menores. Nas abcissas, porcentagem em peso de ortoclásio e de albita, respectivamente. Nas ordenadas, frequência absoluta.

Figura 19 - Difrátogramas de raios X para a determinação do grau de triclinicidade de feldspatos alcalinos extraídos de rochas representativas do Complexo Granítico de São Sepê, RS.

miarolítica do *granito sub-alcalino* (amostra 210) forneceu valor igual a 0,79. Nos demais casos, os difratogramas não acusaram a presença do pico 131, conferindo triclinicidade nula e caracterizando o feldspato alcalino como sendo o ortoclásio.

Tais resultados concordam com as observações ópticas feitas ao microscópio e que haviam indicado a presença de ortoclásio nessas rochas. De resto, a presença de feldspato alcalino com alta triclinicidade (microclínio) nas cavidades miarolíticas, é perfeitamente justificável em razão das condições de cristalização mais lenta.

BIOTITAS

A exemplo do sucedido com os feldspatos foram analisadas biotitas provenientes de vinte e seis amostras dos principais tipos petrográficos do *Complexo Granítico de São Sepé*, para a verificação de suas características químicas.

Sendo esse um mineral ferromagnésiano comum, vários autores, estudando a composição de biotitas presentes em diversas rochas, chegaram a algumas conclusões. Assim, por exemplo, HEINRICH, 1946, relacionou a composição delas com o seu modo de ocorrência; NOCKOLDS, 1947, estudando as micas presentes em rochas ígneas alcalinas e calco-alcalinas, concluiu que a composição química das biotitas é função de sua paragénese e da natureza do magma; GOKHALE, 1968, KABESH e REFAAT, 1972; 1973, referiram o quimismo de biotitas como indicador do ambiente de formação da rocha que as contém, distinguindo granitos magmáticos e metamórfico-metassomáticos.

No que tange às determinações feitas com a microsonda eletrônica, os resultados analíticos e os dados relativos à fórmula química parcial, expressa na base de vinte e dois oxigênios, encontram-se reunidos nas Tabelas 12, 13 e 14.

TABELA 12

COMPOSIÇÃO QUÍMICA PARCIAL E FÓRMULA ESTRUTURAL DE BIOTITAS DE ROCHAS GRANÍTICAS DA PARTE CENTRAL DO COMPLEXO DE SÃO SEPÊ, RS

Amostra	35	38	66	67	97	128	135	255	444
SiO ₂	35,94	36,38	36,17	36,13	36,13	36,51	35,91	35,67	36,39
TiO ₂	4,05	4,30	4,23	4,46	4,39	4,47	3,96	4,20	4,06
Al ₂ O ₃	12,09	12,16	12,91	12,26	12,46	12,95	11,89	12,50	11,94
FeO*	25,36	25,75	23,40	24,86	24,94	23,54	26,46	27,01	26,42
MnO	0,52	0,37	0,53	0,46	0,51	0,58	0,44	0,44	0,41
MgO	7,58	7,83	9,07	9,00	9,04	8,72	7,70	7,65	7,68
CaO	0,18	0,21	0,23	0,28	0,28	0,24	0,27	0,22	0,31
Na ₂ O	0,16	0,16	0,16	0,15	0,21	0,18	0,13	0,13	0,16
K ₂ O	9,13	9,31	9,05	8,99	8,98	9,07	9,01	8,88	9,14
F	0,93	0,91	0,53	0,73	0,60	0,52	0,82	1,24	1,27
Total	95,94	97,38	96,28	97,32	97,54	96,78	96,59	97,94	97,78
Fórmula estrutural expressa na base de 22 átomos de oxigênio									
Si	5,592	5,580	5,568	5,530	5,528	5,591	5,582	5,447	5,551
Al ^{IV}	2,217	2,198	2,342	2,212	2,247	2,337	2,178	2,250	2,147
Al ^{VI}	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ti	0,474	0,496	0,490	0,513	0,505	0,515	0,463	0,482	0,466
Fe	3,300	3,303	3,012	3,182	3,191	3,014	3,440	3,449	3,370
Mn	0,068	0,048	0,069	0,060	0,066	0,075	0,058	0,057	0,053
Mg	1,758	1,790	2,081	2,053	2,062	1,990	1,784	1,741	1,746
Ca	0,030	0,034	0,038	0,046	0,046	0,039	0,045	0,036	0,051
Na	0,048	0,048	0,048	0,044	0,062	0,053	0,039	0,038	0,047
K	1,812	1,821	1,777	1,755	1,753	1,772	1,787	1,730	1,779

* Feo = Fe total

TABELA 13
COMPOSIÇÃO QUÍMICA PARCIAL E FÓRMULA ESTRUTURAL DE BIOTITAS DO GRANITO PERIFÉRICO DO COMPLEXO DE SÃO SEPÊ, RS

Amostra	6	20	36	37	39	46	50	78	82	84	100	133	317	330	439
SiO ₂	35,34	35,01	36,34	36,67	36,62	36,64	36,23	37,14	35,53	35,76	35,88	36,61	36,31	36,03	36,35
TiO ₂	3,59	3,70	3,30	3,49	3,44	3,10	3,87	3,13	3,42	3,10	3,39	3,59	3,52	3,23	3,37
Al ₂ O ₃	12,62	12,54	12,43	11,98	11,97	13,16	11,80	12,79	12,66	13,25	12,58	11,69	12,28	12,65	12,10
FeO*	29,50	29,55	28,96	27,43	26,81	27,62	27,89	28,76	30,09	29,10	29,26	26,96	27,80	28,68	27,20
MnO	0,72	0,70	0,61	0,58	0,73	0,69	0,64	0,74	0,83	0,53	0,83	0,85	0,75	0,79	0,63
MgO	4,12	5,06	6,09	6,55	6,33	4,72	6,64	4,53	4,07	4,49	4,32	6,64	5,57	4,65	6,47
CaO	0,18	0,19	0,25	0,17	0,18	0,20	0,14	0,17	0,19	0,26	0,23	0,20	0,15	0,21	0,29
Na ₂ O	0,13	0,16	0,20	0,14	0,14	0,15	0,15	0,14	0,18	0,17	0,19	0,16	0,15	0,16	0,13
K ₂ O	1,70	1,09	1,37	1,32	1,71	1,52	1,42	1,37	1,29	9,09	9,01	8,91	9,24	8,97	9,16
Total	96,95	96,57	98,45	97,30	97,03	96,80	97,73	97,80	97,16	97,22	97,14	96,90	95,77	96,82	97,13
Fórmula estrutural expressa na base de 22 átomos de oxigênio															
Si	5,503	5,506	5,556	5,635	5,611	5,643	5,558	5,696	5,557	5,541	5,579	5,649	5,555	5,600	5,597
Al ^{IV}	2,316	2,325	2,240	2,170	2,161	2,389	2,134	2,312	2,334	2,420	2,396	2,126	2,214	2,317	2,196
Al ^{VI}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ti	0,420	0,438	0,370	0,403	0,396	0,359	0,446	0,361	0,402	0,361	0,396	0,417	0,405	0,377	0,390
Fe	3,842	3,887	3,703	3,525	3,435	3,558	3,578	3,689	3,936	3,771	3,805	3,479	3,557	3,728	3,502
Mn	0,095	0,093	0,079	0,075	0,095	0,090	0,083	0,096	0,100	0,070	0,109	0,111	0,097	0,104	0,082
Mg	0,956	1,186	1,388	1,500	1,446	1,084	1,518	1,036	0,949	1,037	1,001	1,527	1,270	1,077	1,485
Ca	0,030	0,032	0,041	0,028	0,029	0,033	0,023	0,028	0,032	0,043	0,038	0,033	0,025	0,035	0,048
Na	0,039	0,049	0,059	0,042	0,042	0,045	0,045	0,042	0,055	0,051	0,057	0,048	0,044	0,048	0,039
K	1,798	1,719	1,736	1,758	1,779	1,768	1,752	1,767	1,776	1,797	1,787	1,754	1,803	1,778	1,799

* Feo = Fe total

TABELA 14

COMPOSIÇÃO QUÍMICA PARCIAL E FÓRMULA ESTRUTURAL DE BIOTITAS DE MICROGRANITOS DE INTRUSÕES MENORES DO COMPLEXO DE SÃO SEPÊ, RS

Amostra	74	121
SiO ₂	37,42	37,25
TiO ₂	2,56	2,59
Al ₂ O ₃	12,00	13,26
FeO*	30,29	29,87
MnO	0,22	0,22
MgO	1,58	1,49
CaO	0,23	0,28
Na ₂ O	0,20	0,17
K ₂ O	10,68	9,62
F	1,14	1,52
Total	96,32	96,27
Fórmula estrutural expressa na base de 22 átomos de oxigênio		
Si	5,938	5,827
Al ^{IV}	2,062	2,173
Al ^{VI}	0,182	0,372
Ti	0,305	0,305
Fe	4,020	3,908
Mn	0,030	0,029
Mg	0,374	0,347
Ca	0,039	0,047
Na	0,061	0,052
K	2,162	1,920

* Feo = Fe total

O exame dessas Tabelas mostra que as biotitas, de modo geral, apresentam teores em silício e alumínio insuficientes para o preenchimento das posições tetraédricas na estrutura do mineral e, por isso, é provável que pequena quantidade de titânio tenha substituído o silício. SERDYUCHENKO, 1948, admite que isto ocorre durante a cristalização em altas temperaturas e HARRY, 1950, cita que os minerais formados nestas condições tendem a possuir mais Al^{IV} do que Al^{VI} . De outra parte, os teores em TiO_2 , geralmente superiores a 3,0%, justificam a cor castanho-avermelhada do mineral quando visto ao microscópio de polarização.

Segundo NOCKOLDS, 1947, as variações observadas na composição química de biotitas estão relacionadas principalmente com mudanças nos teores de Al_2O_3 , MgO , FeO (como Fe-total) e, em menor extensão, nos teores de SiO_2 e TiO_2 . Assim, de acordo com o referido autor, foi escolhido o diagrama triangular da Figura 20 para relacionar os conteúdos de Al_2O_3 , MgO e FeO (como Fe-total) das biotitas estudadas. A posição dos pontos analíticos no diagrama mostra que a variação na composição química das biotitas relaciona-se com as rochas que as contêm; aquelas presentes em amostras do *microgranito monzonítico* se destacam pelos teores mais elevados em MgO , vindo a seguir as provenientes do *granito monzonítico*, as do *granito sub-alcalino* e, finalmente, as pertencentes aos *microgranitos álcali-feldspáticos*, com quantidades ainda menores em MgO . Por outro lado, enquanto o Fe-total mostra tendência inversa, o Al_2O_3 quase não varia em teor.

No caso do TiO_2 , ele também estabelece diferenças significativas na composição das biotitas, apresentando teores acima de 4,0% na zona central ocupada pelos *granitos monzoníticos*, entre 4,0 - 3,0% ao longo do *granito sub-alcalino* e com valores ao redor de 2,5% nas áreas de *microgranito*.

Figura 20 - Diagrama Al_2O_3 , MgO e FeO para as biotitas de amostras do Complexo Granítico de São Sepe: A-microgranito da parte centro-sul; B-granito da parte centro-norte; C-granito periférico; D-microgranitos de intrusões menores.

tos álcali-feldspáticos.

Ainda relativo às biotitas, é interessante referir o fato de que os pontos analíticos de amostras das rochas graníticas que ocupam a região central do Complexo isolam-se dos demais pela linha traçada paralelamente a base $\text{FeO}-\text{Al}_2\text{O}_3$ do referido diagrama. GOKHALE, 1968, estabeleceu este critério como guia na separação de biotitas presentes em granitos de origem ígnea com relação àquelas existentes em granitos metamórfico-metassomáticos e possuidoras de quantidades maiores de MgO . Levando em conta que este autor baseou sua observação somente em 49 análises químicas, fica evidente que esta linha não deva ser tomada como critério absoluto com finalidades petrogenéticas, pois é a partir da reunião e análise de maior número de informações que se torna possível chegar a conclusões de elevado significado geológico.

Para ilustrar, estatisticamente, a similaridade entre as biotitas analisadas, recorreu-se à análise de agrupamentos (*cluster analysis*), que vem sendo aplicada por diversos autores (RHODES, 1969; JOYCE, 1973; LANDIM *et al.*, 1974) no mapeamento de intrusões graníticas, para detectar variações composicionais. O processamento dos dados efetuou-se com o auxílio do programa *CLUSTER*, elaborado por DAVIS, 1973, computando o coeficiente de correlação produto momento de Pearson e o coeficiente de distância, na determinação da similaridade entre as vinte e seis análises químicas de biotitas.

O dendrograma resultante (Figura 21), construído com base nos coeficientes de correlação, robora o fato de que as amostras acham-se distribuídas segundo quatro grupos principais correspondendo, respectivamente, aos tipos petrográficos que foram descritos no *Complexo Granítico de São Sepé*.

Figura 21 - Dendrograma que ilustra os resultados obtidos da análise de agrupamento (*cluster analysis*) elaborado a partir de análises químicas das biotitas de amostras do Complexo Granítico de São Sepê, RS. Os principais agrupamentos formados correspondem, respectivamente a: A-microgranito da parte centro-sul; B-granito da parte centro-norte; C-granito periférico; D-microgranitos de intrusões menores.

COMPOSIÇÃO QUÍMICA

A composição química das rochas graníticas do Complexo de São Sepê foi estudada por meio de dois tipos de abordagem: a primeira, utilizou grande série de análises de alguns elementos principais e traços obtidos por método de análise instrumental expedito (fluorescência de raios X); a segunda, empregou número restrito porém completo de análises químicas de elementos principais que permitiram definições mais rigorosas da natureza e classificação das variedades de granitos que ocorrem no Complexo. Os procedimentos analíticos adotados, em ambos os casos, encontram-se descritos no Apêndice 1 e os resultados obtidos estão listados nos Apêndices 2, 3, 4 e 5 e nas Tabelas 16 e 17.

A observação desses Apêndices e Tabelas permitem traçar as características químicas quanto ao teor dos elementos das rochas do Complexo. Assim, enquanto os histogramas das Figuras 22, 23 e 24 ilustram a distribuição de frequência para o K_2O , CaO , Fe_2O_3 (Fe-total), MnO , TiO_2 , Rb , Sr , Ba , Y , Zr , Nb , Ni , Cu , Zn e Pb , a parte final dos citados Apêndices realça as diferenças químicas, em termos de médias aritméticas, entre as principais variedades de rochas que fazem parte do Complexo.

Numa inspeção dos histogramas, relativa aos elementos principais, o K_2O mostra distribuição praticamente unimodal, com suave assimetria positiva, ao passo que os outros (CaO , Fe_2O_3 , MnO e TiO_2) apresentam caráter assimétrico, especialmente no caso do CaO e TiO_2 , com a presença de duas modas principais.

Aspectos semelhantes observa-se com referência ao comportamento dos elementos traços pois enquanto o Rb , Ni , Pb e Zn indicam distribuições praticamente simétricas, o Zr , Cu e Y realçam uma moda bem desenvolvida e assimetria positiva. No caso do Sr e Ba , os histogramas destacam distri-

Figura 22 - Distribuição de teor de alguns elementos principais dosados em amostras do Complexo Granítico de São Sepê. Nas abcissas, porcentagem em peso dos óxidos. Nas ordenadas, frequência absoluta.

Figura 23 - Distribuição de teor de alguns elementos traços dosados em amostras do Complexo Granítico de São Sepê. Nas abcissas, teores em ppm. Nas ordenadas, frequência absoluta.

Figura 24 - Distribuição de teor de alguns elementos traços dosados em amostras do Complexo Granítico de São Sepê. Nas abcissas, teores em ppm. Nas ordenadas, frequência absoluta.

buições bimodais em analogia ao fato registrado para o CaO e TiO₂.

A análise desses elementos, com o exame dos Apêndices 2, 3, 4 e 5, denota que o caráter bimodal resulta da diferença marcante que existe entre a composição da parte central do Complexo Granítico em relação às demais, haja vista o fato de que os teores médios de Sr nos tipos petrográficos já descritos são, respectivamente, de: 198,1 ppm, para o *microgranito monzonítico* da parte centro-sul; 168,4 ppm, para o *granito monzonítico* da parte centro-norte; 43,9 ppm, o *granito sub-alcalino* periférico; 6,5 ppm, para os *microgranitos alcali-feldspáticos* de intrusões menores. Fato semelhante acontece também com outros elementos, conforme está inscrito nos referidos Apêndices.

Por consequência, tais constatações passam a sugerir que as rochas graníticas do Complexo de São Sepé, não se originaram a partir de um magma por simples processo de diferenciação, e sim, resultaram de materiais de composição diferente, conforme será comprovado mais adiante.

VARIAÇÃO GEOGRÁFICA DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA NO COMPLEXO

A heterogeneidade na composição petrográfica e química do *Complexo Granítico de São Sepé*, conforme visto até aqui, propiciou uma análise da variação geográfica da sua composição química.

Dentre os procedimentos estatísticos indicados para estudos desse tipo, a técnica da análise de superfícies de tendência (*trend surface analysis*) tem sido aplicada no Brasil por vários autores entre outros (FULFARO e AMARAL, 1970; AMARAL e RÜEGG, 1970; FULFARO, 1971; RÜEGG, 1975; COIMBRA, 1976) em diversos campos da geologia, a qual, utilizando equa

ções matemáticas, define a superfície que melhor se adapte a um conjunto de observações realizadas. Este método estatístico oferece vantagens porque o comportamento das variações em áreas mapeáveis é mostrado por meio de curvas de mesma ordem, o que torna possível a verificação imediata das mudanças de natureza regional e das flutuações locais impostas aos padrões gerais.

Por conseguinte, a quantidade de dados ora disponíveis para o *Complexo Granítico de São Sepé* permite a utilização dessa técnica, na análise em área do seu comportamento geoquímico. Para isto foram computados os teores de elementos principais e traços provenientes das amostras constantes dos Apêndices 2, 3, 4 e 5. Entrementes, na seleção destas, houve o cuidado de se evitar a concentração demasiada de pontos analíticos em certas áreas, no detrimento de outras, visando ampliar a eficácia do método estatístico.

Durante os cálculos, utilizou-se o programa denominado *PTREND*, produzido no Departamento de Ciências Geológicas da Northwestern University, com as modificações executadas pelo Professor Doutor Gilberto Amaral do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. Este programa, redigido em linguagem Fortran IV e adaptado ao computador *Burroughs B6700* do Centro de Computação Eletrônica da USP, fornece matrizes de até 8º grau e diversos parâmetros estatísticos que permitem a avaliação do grau de ajuste das funções matemáticas em relação às superfícies obtidas.

Tendo por objetivo facilitar a análise de alguns desses parâmetros, AMARAL, 1976, definiu critérios para a interpretação das superfícies de tendência em função do número de pontos do conjunto de dados e da complexidade da função matemática utilizada. Deste modo, se os parâmetros de ajuste forem iguais ou menores daqueles obtidos para distribuições aleatórias, existe grande probabilidade de não haver tendência. Os testes foram aplicados a conjuntos

TABELA 15

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS GERADOS A PARTIR DE CONJUNTOS DE 300 PONTOS E PARA SUPERFÍCIES DE
1º ATÉ 8º GRAU (Segundo AMARAL, 1976)

NÚMERO DE PONTOS	300	300	300
Parâmetros Estatísticos	P.S.T.Q.	Coefficiente de Correlação	Valores F
Grau			
1º	0,50 ± 0,57	0,06 ± 0,03	0,75 ± 0,86
2º	1,45 ± 0,95	0,11 ± 0,04	1,45 ± 0,96
3º	3,09 ± 1,42	0,17 ± 0,04	2,33 ± 1,12
4º	4,96 ± 2,27	0,22 ± 0,05	3,01 ± 1,48
5º	7,10 ± 2,32	0,26 ± 0,04	3,58 ± 1,27
6º	9,17 ± 2,42	0,30 ± 0,04	3,95 ± 1,16
7º	12,16 ± 2,86	0,35 ± 0,04	4,61 ± 1,24
8º	14,92 ± 3,00	0,38 ± 0,04	5,01 ± 1,19

de 100, 300 e 1000 pontos e para superfícies definidas por polinômios ortogonais de 1^o a 8^o graus. A Tabela 15 mostra os resultados obtidos pelo referido autor para a porcentagem da soma total dos quadrados (relação entre a variação explicada e a variação total expressa em porcentagem), o coeficiente de correlação e o valor *F* (distribuição Fisher) que exprime a relação entre as variações (variação/graus de liberdade) explicada e não explicada. Esses valores, gerados a partir de 60 conjuntos de 300 pontos, representam a média mais duas vezes o desvio padrão, de modo que a englobar 95% dos casos com limites superiores para distribuições claramente aleatórias.

A porcentagem da soma total dos quadrados (P.S.T.Q.) é um parâmetro muito sensível ao ajuste da função matemática em relação aos dados observados e ao aproximar-se de 100%, o acordo tende a ser total. Segundo AMARAL, 1976, no caso de porcentagens da soma total dos quadrados menores que 30% o ajuste é fraco, entre 30-60% regular e acima de 60% bom. Para o coeficiente de correlação, valores inferiores a 0,4 são baixos, entre 0,4-0,7 regulares e acima de 0,7 bons.

Variação em área de elementos principais

Os mapas de isoteores apresentados nas Figuras 25 a 29 mostram o comportamento de cinco elementos principais, em toda a extensão do *Complexo Granítico de São Sepé*, por meio de superfícies de tendência escolhidas com base nos parâmetros estatísticos mais adequados dentre as alternativas fornecidas pelo computador. Com exceção das superfícies geradas para o K_2O que exibem concordância regular, as demais se destacam por um grau de ajuste muito bom, como é o caso do TiO_2 e CaO , seguidos pelo Fe_2O_3 (Fe-total) e MnO .

Observando-se, comparativamente, esses mapas de superfície de tendência, sobressaem, de imediato, feições seme

Figura 25 - Superfícies de tendência (89 grau) que representam a variação da concentração de K_2O , ao longo da área de ocorrência do Complexo Granítico de São Sepé. Os números indicam porcentagem em peso. P.S.T.Q. = 27,66; coeficiente de correlação = 0,53; valor F = 12,20.

Figura 26 - Superfícies de tendência (89 grau) que representam a variação da concentração de CaO, ao longo da área de ocorrência do Complexo Granítico de São Sepê. Os números indicam porcentagem em peso. P.S.T.Q. = 66,91; coeficiente de correlação = 0,82; valor F = 64,48.

Figura 27 - Superfícies de tendência (89 grau) que representam a variação da concentração de Fe_2O_3 (como Fe-total), ao longo da área de ocorrência do Complexo Granítico de São Sepé. Os números indicam porcentagem em peso. P.S.T.Q. = 59,16; coeficiente de correlação = 0,77; valor F = 46,19.

Figura 28 - Superfícies de tendência (89 grau) que representam a variação da concentração de MnO, ao longo da área de ocorrência do Complexo Granítico de São Sepé. Os números indicam ppm. P.S.T.Q.=53,75; coeficiente de correlação = 0,73; valor F = 37,06.

Figura 29 - Superfícies de tendência (80 grau) que representam a variação da concentração de TiO_2 , ao longo da área de ocorrência do Complexo Granítico de São Sepê. Os números indicam porcentagem em peso. P.S.T.Q = 67,58; coeficiente de correlação = 0,83; valor F = 66,48.

lhantes no que tange às configurações gerais, guardando uma relação muito íntima com a variação petrográfica constatada durante o mapeamento geológico do referido complexo. Deste modo, o local onde se concentram os teores mais elevados de CaO, Fe-total, MnO e TiO_2 , em contrapartida aos de K_2O , situa-se ao longo da área de afloramento das rochas graníticas que ocupam a parte central. Já na porção abrangida pelo granito periférico verifica-se a tendência, rumo às bordas do Complexo, ao decréscimo nas porcentagens de CaO, Fe-total, MnO e TiO_2 . Para o K_2O este fato não é significativo, em razão da pequena variação química e sensibilidade do método analítico empregado. Finalmente, os locais de coleta de amostras de microgranitos de intrusões menores, também foram destacados pelas superfícies de tendência de alguns elementos (CaO, TiO_2 e MnO) como áreas de concentrações mais baixas.

Variação em área de elementos traços

Da mesma maneira que no caso dos elementos principais os mapas que compõem as Figuras 30 a 37 ilustram a variação de oito elementos traços no Complexo Granítico, por meio de superfícies de tendência selecionadas estatisticamente. Como o número de análises utilizadas no processamento dos dados foi o mesmo que no caso anterior, as configurações gerais das superfícies obtidas, quando comparadas com as precedentes, fazem sobressair aspectos semelhantes.

Elementos como o Sr, Ba e Rb forneceram mapas com ajuste muito bom, enquanto o Nb, Y, Zr, Zn e Pb, respectivamente, mostraram correlações menores devido à pequena variação nos teores.

Nesse particular, as superfícies conseguidas para o Sr e Ba destacam a zona central, com os maiores valores localizados na parte centro-sul, onde aflora o *microgranito mon*

Figura 30 - Superfícies de tendência (89 grau) que representam a variação da concentração de rubídio, ao longo da área de ocorrência do Complexo Granítico de São Sepê. Os números indicam ppm. P.S.T.Q. = 62,41; coeficiente de correlação = 0,79; valor F = 52,95.

Figura 31 - Superfícies de tendência (80 grau) que representam a variação da concentração de estrôncio, ao longo da área de ocorrência do Complexo Granítico de São Sepê. Os números indicam ppm. P.S.T.Q. = 71,01; coeficiente de correlação = 0,84; valor F = 78,12.

Figura 32 - Superfícies de tendência (8º grau) que representam a variação da concentração de bário, ao longo da área de ocorrência do Complexo Granítico de São Sepê. Os números indicam ppm. P.S.T.Q. = 67,24; coeficiente de correlação = 0,82; valor F = 65,45.

Figura 33 - Superfícies de tendência (89 grau) que representam a variação da concentração de Ítrio, ao longo da área de ocorrência do Complexo Granítico de São Sepé. Os números indicam ppm. P.S.T.Q. = 40,47; coeficiente de correlação = 0,64; valor F = 21,68.

Figura 34 - Superfícies de tendência (80 grau) que representam a variação da concentração de zircônio, ao longo da área de ocorrência do Complexo Granítico de São Sepé. Os números indicam ppm.P.S.T.Q. = 36,41; coeficiente de correlação = 0,60; valor F = 18,26.

Figura 35 - Superfícies de tendência (89 grau) que representam a variação da concentração de nióbio, ao longo da área de ocorrência do Complexo Granítico de São Sepê. Os números indicam ppm. P.S.T.Q. = 50,55; coeficiente de correlação = 0,71; valor F = 32,60.

Figura 36 - Superfícies de tendência (89 grau) que representam a variação da concentração de zinco, ao longo da área de ocorrência do Complexo Granítico de São Sepê. Os números indicam ppm. P.S.T.Q. = 36,90; coeficiente de correlação = 0,61; valor F = 18,59.

Figura 37 - Superfícies de tendência (70 grau) que representam a variação da concentração de chumbo, ao longo da área de ocorrência do Complexo Granítico de São Sepé, Os números indicam ppm. P.S.T.Q. = 19,47; coeficiente de correlação = 0,44; valor F = 8,91.

zonítico. Na região do *granito sub-alkalino* a tendência à diminuição nos teores em direção à periferia se mantém, enquanto áreas ocupadas por *microgranitos álcali-feldspáticos*, também sobressaem em razão dos baixos valores.

Para os demais elementos, o Rb realça a zona central, duas áreas na porção nordeste e, de certa forma, a extremidade sul ocupada por microgranitos intrusivos. Situação semelhante acontece no caso de Zr, Y, Zn e Pb, que distinguem, além disso, os microgranitos descritos na parte sudoeste do Complexo. Com relação ao Nb, as superfícies obtidas são mais suaves, isolando apenas a parte centro-sul correspondente ao *microgranito monzonítico*.

Assim sendo, a observação em conjunto desses mapas destaca o comportamento muito semelhante na variação do Sr e Ba com decrêscimo nos teores rumo à extremidade do Complexo, em contrapartida ao Rb que apresenta as concentrações mais baixas na região central. Seguindo este raciocínio, o Zr e Zn acompanham os primeiros enquanto o Nb, Y e Pb seguem o último.

Outrossim, estabelecendo-se um paralelo entre os mapas relativos aos elementos principais e traços analisados, toma realce a afinidade geoquímica existente entre eles ao longo do Complexo Granítico.

Dentre os parâmetros empregados na literatura geológica para ilustrar o processo de diferenciação magmática, destaca-se a razão K/Rb. Por isso, a fim de mostrar sua variação, a Figura 38 fornece as superfícies de 8º grau obtidas pelo mesmo método estatístico. Na observação deste mapa nota-se, pela disposição das linhas, que a região centro-sul ocupada pelo *microgranito monzonítico* corresponde à porção mais básica, enquanto as áreas principais de ocorrência de *microgranitos álcali-feldspáticos*, se destacam pela presença

Figura 38 - Superfícies de tendência (89 grau) que representam a variação da razão K/Rb, ao longo da área de ocorrência do Complexo Granítico de São Sepê. P.S.T.Q. = 61,21; coeficiente de correlação = 0,78; valor F = 50,32.

das rochas mais ácidas do Complexo.

De resto, os mapas de superfícies de tendência apresentados, confirmam a validade do emprego desse método estatístico, na análise da variação geográfica da composição química, em razão da analogia nos resultados obtidos quando comparados com os dados petrográficos, possibilitando, ao leitor, rápida verificação do comportamento geoquímico dos elementos, ao longo da área de afloramento do *Complexo Granítico de São Sepé*.

NATUREZA E CLASSIFICAÇÃO QUÍMICA DAS ROCHAS GRANÍTICAS

A composição química das rochas pertencentes ao *Complexo Granítico de São Sepé* foi também investigada em amostras representativas de todo o conjunto, por meio de doze análises completas dos elementos principais.

Os resultados obtidos e as composições normativas calculadas de acordo com o método *CIPW*, estão contidos nas Tabelas 16 e 17.

Dentre os vários diagramas disponíveis na literatura geológica, para a análise da natureza e comportamento químico das rochas ígneas, foram selecionados o de STRECKEISEN, 1976, o de FREY, 1937, e o de LA ROCHE, 1966.

STRECKEISEN, 1976, elaborou um esquema provisório de classificação das rochas ígneas por meio da composição química, utilizando a razão An/Or na distinção dos vários grupos de rochas e com relação aos respectivos campos no diagrama *QAPF*. O método parte da composição normativa e os dados são plotados num diagrama $Or-Ab-An$. Como em determinadas situações (na zona limítrofe entre dois campos) a razão An/Or pode ser insuficiente na caracterização do tipo de rocha, foram estabelecidos alguns critérios suplementares. Assim, a

TABELA 16

COMPOSIÇÃO QUÍMICA E COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA NORMATIVA(CIPW)
DE ROCHAS GRANÍTICAS DA PARTE CENTRAL DO COMPLEXO DE
SÃO SEPÊ, RS

AMOSTRA	35	38	58	61	98	128
SiO ₂	71,82	72,14	69,33	72,02	69,34	71,09
TiO ₂	0,46	0,44	0,54	0,41	0,31	0,28
Al ₂ O ₃	13,65	13,60	14,43	13,13	14,48	14,45
Fe ₂ O ₃	1,05	0,66	1,01	0,91	0,74	0,16
FeO	1,31	1,41	2,01	1,51	2,58	2,15
MnO	0,03	0,04	0,05	0,03	0,11	0,03
MgO	2,18	2,32	1,83	1,98	0,92	1,83
CaO	1,35	1,54	2,75	1,68	2,62	1,68
Na ₂ O	3,50	3,40	3,69	3,49	3,62	3,67
K ₂ O	4,15	3,99	3,91	4,19	3,98	3,79
P ₂ O ₅	0,10	0,12	0,17	0,12	0,11	0,14
H ₂ O ⁺	0,75	0,44	0,67	0,51	1,08	0,49
H ₂ O ⁻	0,19	0,19	0,29	0,22	0,12	0,22
Total	100,54	100,29	100,68	100,20	99,99	99,98
Composição normativa						
Q	29,34	30,04	24,10	28,83	24,80	27,75
C	1,19	1,18	-	0,09	-	1,59
or	24,53	23,58	23,11	24,76	23,52	22,40
ab	29,62	28,77	31,23	29,53	30,63	31,06
an	6,04	6,86	11,26	7,55	11,51	7,42
di	-	-	1,02	-	0,65	-
hy	6,26	7,17	6,12	6,33	5,78	7,97
mt	1,52	0,96	1,46	1,32	1,07	0,23
il	0,87	0,84	1,03	0,78	0,59	0,53
ap	0,24	0,28	0,40	0,28	0,26	0,33
H ₂ O	0,94	0,63	0,96	0,73	1,20	0,71
Total	100,55	100,30	100,69	100,21	100,02	99,99
% An	16,94	19,24	26,50	20,36	27,30	19,28
I.D.	83,81	82,66	78,64	83,56	79,90	81,79
I.C.	9,88	10,94	14,99	11,06	13,45	10,69

I.D.=Índice de Diferenciação(THORNTON e TUTTLE,1960)
I.C.=Índice de Cristalização(POLDERVAART e PARKER,1964)

TABELA 17

COMPOSIÇÃO QUÍMICA E COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA NORMATIVA(CIPW)
DO GRANITO PERIFÉRICO E DE MICROGRANITOS (120 e 129) DE IN-
TRUSÕES MENORES DO COMPLEXO DE SÃO SEPÊ, RS

AMOSTRA	84	91	104	448	120	129
SiO ₂	72,69	75,33	73,74	74,27	76,87	77,70
TiO ₂	0,35	0,20	0,26	0,24	0,09	0,10
Al ₂ O ₃	12,62	12,05	12,87	12,28	12,28	11,97
Fe ₂ O ₃	0,61	0,30	0,96	0,20	0,60	1,05
FeO	1,58	1,71	1,08	2,29	0,43	0,09
MnO	0,05	0,08	0,03	0,08	0,01	0,01
MgO	1,45	0,49	1,21	0,58	1,51	0,10
CaO	1,33	0,40	1,08	0,74	0,30	0,10
Na ₂ O	3,71	3,43	3,50	3,65	3,59	3,57
K ₂ O	4,92	4,98	4,71	4,96	4,23	4,36
P ₂ O ₅	0,08	0,07	0,03	0,08	0,01	0,03
H ₂ O ⁺	0,45	0,56	0,46	0,38	0,44	0,48
H ₂ O ⁻	0,17	0,10	0,14	0,15	0,24	0,31
Total	100,01	99,70	100,07	99,90	100,60	99,87
Composição normativa						
Q	27,23	33,69	30,95	30,25	36,86	39,97
C	-	0,46	0,12	-	1,27	1,27
or	29,08	29,43	27,83	29,31	25,00	25,77
ab	31,39	29,02	29,62	30,89	30,38	30,21
an	3,25	1,53	5,16	2,47	1,42	0,30
di	2,29	-	-	0,58	-	-
hy	4,41	3,93	3,83	4,94	3,92	0,25
mt	0,88	0,43	1,39	0,29	0,87	0,03
il	0,66	0,38	0,49	0,46	0,17	0,19
ap	0,19	0,17	0,07	0,19	0,02	0,07
H ₂ O	0,62	0,66	0,60	0,53	0,68	0,79
Total	100,01	99,70	100,07	99,91	100,60	99,87
% An	9,38	4,99	14,84	7,41	4,47	0,98
I.D.	88,23	93,03	88,87	91,01	92,30	96,83
I.C.	6,88	2,40	7,31	3,62	4,06	0,47

I.D.=Índice de Diferenciação(THORNTON e TUTTLE,1960)
I.C.=Índice de Cristalização(POLDERVAART e PARKER,1964)

Tabela 18 define os parâmetros de comparação para rochas quartzo-feldspáticas: SiO_2 , Na_2O , K_2O , $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$, quartzo normativo, Índice de diferenciação (D.I.), Índice de coloração normativo (c.i.) e o conteúdo de An normativa do "plagioclásio médio" ($\text{An}^* = \text{An} / (\text{Ab} + \text{An})$).

Com base nisso e para estabelecer confronto, foi elaborada a Tabela 19 com dados relativos aos granitos de São Sepê. Os resultados obtidos mostram que as rochas localizadas na parte central do maciço, situam-se no sub-campo 3b correspondendo aos *granitos monzoníticos*, enquanto as amostras do granito periférico distribuem-se nos sub-campos 3a e 2b relativos aos *granitos sub-alcalinos e álcali-feldspáticos*, respectivamente. Finalmente, os microgranitos de intrusões menores foram incluídos no sub-campo 2b.

O diagrama Or-Ab-An da Figura 39 indica a posição das rochas graníticas dentro dos campos relativos aos vários grupos de rochas no diagrama QAPF, sendo que a amostra 129 (microgranito), embora tenha ocupado o sub-campo 2a, foi considerada, através dos parâmetros suplementares, como pertencente ao sub-campo 2b, já que além de não registrar na norma a presença de acmita, não foi constatada na rocha a existência de anfibólios e/ou piroxênios sódicos.

De outra parte, complementando essa análise comparativa foram plotadas, na referida Figura, as composições médias para as seguintes rochas ígneas, de acordo com os dados fornecidos por NOCKOLDS, 1954: 1- *adamellito*; 2- *granito calco-alcalino*; 3- *granito alcalino*; 4- *granito peralcalino*, e por BEUS e SITNIN, 1969: 5- *granito normal*; 6- *leuco-granito potássico-sódico*. Com isso, observando-se as posições das duas primeiras nos sub-campos 3a e 3b relativos ao diagrama QAPF, torna-se novamente justificável a utilização das denominações *granito monzonítico* (ou *adamellito*) e *granito sub-alcalino* (ou *granito calco-alcalino*) para as rochas abrangidas por esses campos.

O sistema de representação triangular apresentado

TABELA 18

CRITÉRIOS SUPLEMENTARES PARA A CLASSIFICAÇÃO DE ROCHAS ÍGNEAS QUARTZO-FELDSPÁTICAS, COM QUARTZO NOR
MATIVO SUPERIOR A 17%, DE ACORDO COM OS CAMPOS 2, 3 E 4 DE STRECKEISEN, 1976

Campo	Rocha	SiO ₂	Na ₂ O+K ₂ O	Na ₂ O+K ₂ O	D. I.	Q	c.i.	Or'	Ab'	An'	An*	An/Or
2 a	Granito alcalino	70-76	8,5-11,0	0,5-1,5	71-95	24-30	5-25	27-60	40-73	-	Ac!	-
2 b	Granito álcali- feldspático	70-76	8,0- 9,5	0,3-1,2	90-96	27-35	0- 5	40-50	40-50	0-10	2-12	0,0-0,11
3 a	(Sieno) Granito	70-77	7,5- 9,0	0,5-1,0	86-95	24-35	1- 7	42-53	40-50	6-10	14-18	0,1-0,2
3 b	(Monzo-)Granito	63-73	7,0- 9,0	0,5-1,0	80-90	17-28	5-12	33-46	40-48	10-20	20-30	0,25-0,6
4	Granodiorito	63-70	6,0- 7,5	0,8-1,5	67-78	17-25	7-15	20-35	40-60	15-30	25-40	0,7-1,5

* An = An/Ab + An

TABELA 19

ENQUADRAMENTO DAS ROCHAS GRANÍTICAS DO COMPLEXO DE SÃO SEPÊ, RS, NOS CAMPOS DEFINIDOS POR STRECKEISEN, 1976, PARA A CLASSIFICAÇÃO DAS ROCHAS ÍGNEAS POR MEIO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA

Nº da amostra	Campo	SiO ₂	Na ₂ O+K ₂ O	Na ₂ O/K ₂ O	D. I.	Q	c.i.	Or'	Ab'	An'	An*	An/Or
35	3 b	71,82	7,65	0,84	83,81	29,34	8,65	40,75	49,21	10,03	16,94	0,20
38	3 b	72,14	7,39	0,85	82,66	30,04	8,97	39,82	48,59	11,59	19,25	0,24
58	3 b	69,33	7,60	0,94	78,64	24,10	9,63	35,23	47,61	17,16	26,50	0,36
61	3 b	72,02	7,68	0,83	83,56	28,83	8,43	40,03	47,75	12,20	20,36	0,26
98	3 b	69,34	7,60	0,91	79,90	24,80	8,09	35,82	46,65	17,53	27,31	0,38
128	3 b	71,09	7,46	0,97	81,79	27,75	8,73	36,79	51,02	12,19	19,28	0,24
84	3 a	72,69	8,63	0,75	88,23	27,23	8,24	45,64	49,26	5,10	4,69	0,10
91	2 b	75,33	8,41	0,69	93,03	33,69	4,74	49,07	48,38	2,55	5,01	0,05
128	3 a	73,74	8,21	0,74	88,87	30,95	5,71	44,45	47,31	8,24	14,84	0,17
448	2 b	74,27	8,61	0,74	91,01	30,25	6,27	46,77	49,29	3,94	7,40	0,08
120	2 b	76,87	7,82	0,85	93,30	36,86	4,96	44,01	53,49	2,50	4,46	0,05
129	2 b	77,70	7,93	0,82	96,83	39,97	0,47	45,79	53,68	0,53	0,98	0,01

Figura 39 - Dados mineralógicos normativos referentes às rochas graníticas do Complexo de São Sepê projetadas no diagrama Or-Ab-An de classificação das rochas ígneas de STRECKEISEN, 1976: Números de referência correspondem a: 1-adamellito(No); 2-granito calco-alkalino(No); 3-granito alkalino(No); 4-granito peralkalino(No); 5-granito normal(B.S.); 6-leuco-granito potássico-sódico(B.S.). No = NOCKOLDS, 1954; B.S. = BEUS e SITNIN, 1969.

por FREY, 1937, para a classificação químico-mineralógica de LACROIX, 1933, refere-se aos minerais normativos. No caso dos granitos, o triângulo $K-C-N$ (K_2O , CaO , Na_2O) possui bom poder separador e significação mineralógica no que tange a composição da fração feldspática. Na Figura 40, as posições ocupadas pelos pontos analíticos realçam diferenças na composição das rochas, estabelecendo um *trend* calco-alcalino pela diminuição nos teores de cálcio e aumento nos de potássio, durante a gênese dos tipos petrográficos do *Complexo Granítico de São Sepé*.

Com relação ao diagrama de LA ROCHE, 1966, a escolha deve-se ao fato de que os parâmetros químicos selecionados pelo autor também são adequados para o estudo de granitos. Neste caso, a rocha fica caracterizada por um par de pontos situados sobre a mesma vertical definida pelo valor $K/(Na+Ca)$. Um dos pontos é regido pela relação $Si/3 - (Na + K + 2/3 Ca)$ e o outro pela soma $Fe + Mg + Ti$.

Esses parâmetros são calculados em miliatomos-gramas por cem gramas de rocha e como para cada ponto do par o campo de dispersão é grande, o sistema de representação garante um *poder separador* apreciável no estudo comparativo de rochas graníticas, pois leva em conta o quimismo dos minerais essenciais, cujas proporções influenciam nos cálculos.

A Figura 41 ilustra as principais diferenças na composição entre as litologias do Complexo de São Sepé. Assim, as amostras do *microgranito monzonítico* se destacam pelos teores menores em silício e potássio. Aquelas relativas ao *granito monzonítico*, mais ricas em potássio, manifestam grande similaridade com a de número 61 (proveniente da zona periférica do tipo anterior) e denotam a evolução química desse conjunto de rochas, com as primeiras representando os tipos mais básicos. A seguir, os dados que fazem parte do granito periférico indicam acréscimo na quantidade de potássio com redução no $Fe + Mg + Ti$ em direção às bordas do Complexo. Por

Figura 40 - Rochas graníticas do Complexo de São Sepê projetadas no diagrama K-C-N de classificação das rochas ígneas de FREY, 1937.

Figura 41 - Rochas graníticas do Complexo de São Sepê projetadas no diagrama de classificação das rochas ígneas de LA ROCHE, 1966.

Figura 42 - Rochas graníticas do Complexo de São Sepê projetadas no diagrama Qz-Ab-Or. Composições médias de granitos Variscanos (V), Caledonianos (C) e Alpinos (A) segundo HALL, 1971, em relação ao sistema Qz-Ab-Or-H₂O. Cruzes indicam a mínima isobárica e círculos o eutético isobárico para pressões d'água sucessivamente maiores. Os limites dos campos são mostrados a 0,5 e 10 Kb (Segundo TUTTLE e BOWEN, 1958 e LUTH *et al.*, 1964). Contornos mostram a distribuição de frequência de quartzo, albita e ortoclásio normativos em 281 rochas plutônicas das tabelas de WASHINGTON, 1917, que contêm coríndon normativo (supersaturadas em alumina). Contornos > 5%, > 10% e > 15% em 1% da área (conforme LUTH *et al.*, 1964).

último, as amostras provenientes de *microgranitos álcali-feldspáticos* sobressaem pelos teores elevados em silício e mais baixos na soma de $Fe + Mg + Ti$. Do ponto de vista mineralógico, a posição ocupada pelos pontos analíticos no diagrama evidencia aumento na quantidade de quartzo e feldspato alcalino com redução no teor de minerais ferromagnesianos nessas rochas e em direção às extremidades do Complexo Granítico.

A composição normativa e mineralógica das rochas do referido complexo mostra que elas são do tipo peraluminosas, pertencentes aos granitos subsolvus do grupo *IIA* (TUTTLE e BOWEN, 1958) situando-se, no diagrama $Qz-Ab-Or$ da Figura 42, dentro da porção abrangida pelos contornos que assinalam as áreas de maior concentração das 281 rochas plutônicas, supersaturadas em alumina e contendo 80% ou mais de $Qz + Ab + Or$ normativos, constantes das tabelas de WASHINGTON, 1917. Esses fatos, aliados a outros já descritos, sugerem a atuação de processos anatêxicos na formação das rochas. Por outro lado, a presença de cavidades miarolíticas em determinados tipos de granitos, assinala, também, certa atividade de fluidos.

GEOCRONOLOGIA

As idades radiométricas de batólitos graníticos que apresentam variações na composição, têm fornecido, nos últimos anos, importantes subsídios para as interpretações petrogenéticas.

Nesse aspecto, o *Complexo Granítico de São Sepé* destaca-se dentre os demais existentes na Plataforma Brasileira pelo número de datações que foram nele realizadas. Além de uma idade, obtida pelo método potássio-argônio, em biotita (DRESCH, inédito) e de mais três, determinadas em rocha total pelo método rubídio-estrôncio (CORDANI *et al.*, 1974),

foram realizadas durante este trabalho outras dezessete de terminações, por este método, em rocha total (Tabela 20).

Numa etapa seguinte, foram selecionados um conjunto de cinco pontos analíticos, provenientes de amostras coletadas ao longo da parte central do maciço, que forneceu uma isócrona verdadeira com a idade calculada de 646 ± 6 m.a. e razão inicial $Sr^{87}/Sr^{86} = 0,7062$ (Figura 43).

Outro grupo de pontos analíticos, somando dez análises em amostras do granito periférico, possibilitou, também, o traçado de uma isócrona verdadeira com a idade de 507 ± 7 m.a. e razão inicial $Sr^{87}/Sr^{86} = 0,7081$ (Figura 44).

Finalmente, um terceiro conjunto de dados, totalizando oito pontos analíticos, ficou assim constituído: três amostras de um microgranito intrusivo, localizado na extremidade sul do Complexo Granítico; duas amostras, provenientes de litologias semelhantes, coletadas próximo a borda nordeste e outra, também de microgranito, extraída perto do limite sudoeste do Complexo; duas amostras de riólitos (CT-6 e CT-38) situados a cerca de 6 km da extremidade ocidental da área abrangida pelo mapa da Figura 3, provenientes do Cerro Tupanci e coletadas por MENEGOTTO e MEDEIROS, 1976, durante a elaboração do mapa geológico desta região, quando foi constatado o caráter alcalino desses riólitos e a associação com diques de microgranitos. Assim, a reunião desses pontos propiciou a obtenção de uma terceira isócrona, agora do tipo referência, com idade de 450 ± 6 m.a. e razão inicial $Sr^{87}/Sr^{86} = 0,7101$ (Figura 45).

Nesse método de datação absoluta, quando as análises rubídio-estrôncio são efetuadas em rocha total e interpretadas por meio de diagramas isocrônicos, elas fornecem idades significativas relacionadas com os eventos de homogeneização isotópica, correspondentes à própria formação da rocha. De posse dos resultados obtidos, verifica-se de imediato que o Complexo de São Sepê, é constituído por rochas

TABELA 20
ANÁLISES RADIOMÉTRICAS RUBÍDIO-ESTRÔNCIO DE ROCHAS GRANÍTI-
CAS DE SÃO SEPÊ, LAVRAS DO SUL (LS), JAGUARI (JA) E DE RIÔ-
LITOS DO CERRO TUPANCI (CT)

COMPLEXO GRANÍTICO DE SÃO SEPÊ				
Granitos da parte central				
Amostra	Rb(ppm)	Sr(ppm)	Rb ⁸⁷ /Sr ⁸⁶	Sr ⁸⁷ /Sr ⁸⁶
38	139,4	181,9	2,22	0,7273
61	157,0	155,3	2,93	0,7344
66	94,4	226,5	1,21	0,7177
128	78,3	256,4	0,88	0,7148
135	151,0	179,7	2,44	0,7294
Granito periférico				
29	232,6	21,4	32,21	0,9482
34	211,8	84,8	7,27	0,7620
84	249,8	45,4	16,12	0,8315
91	184,9	15,2	36,14	0,9764
132	237,0	35,7	19,49	0,8536
133	209,9	51,7	11,69	0,7981
256	183,2	64,5	8,27	0,770
266*	197,0	14,1	36,2	0,981
267*	239,3	39,9	17,5	0,836
268*	184,9	43,6	12,4	0,799
Intrusões menores (microgranitos)				
9	229,5	7,7	91,50	1,3226
99	218,5	7,3	91,98	1,3338
120	244,9	6,0	115,69	1,4642
121	296,2	7,5	123,64	1,5356
129	231,8	6,4	103,45	1,3930
GRANITOS LAVRAS DO SUL (LS) E JAGUARI (JA)				
LS 3	208,6	127,1	4,77	0,7418
JA12	205,4	106,7	5,59	0,7451
JA13	161,6	152,6	3,07	0,7287
JA14	136,7	66,3	5,99	0,7461
JA18	103,8	13,5	23,62	0,8817
RIÔLITOS DO CERRO TUPANCI				
CT 6	71,0	18,0	11,50	0,7861
CT38	81,1	14,2	16,72	0,8219

*Amostras coletadas ao longo da estrada São Sepê-Cerrito do Ouro, ao sul do Rio São Sepê, e datadas por CORDANI *et al.*, 1974.

Figura 43 - Diagrama isocrônico para amostras de rochas granito-monzoníticas da parte central do Complexo Granítico de São Sepê.

Figura 44 - Diagrama isocrônico para amostras do granito sub-alcálico periférico do Complexo Granítico de São Sepé.

Figura 45 - Diagrama isocrônico de referência reunindo amostras de microgranitos de intrusões menores do Complexo Granítico de São Sepê e de riólitos do Cerro Tupanci (CT).

graníticas distintas, com idades diferentes, todas porém originadas no decorrer do Ciclo Brasileiro.

As rochas de composição granito-monzoníticas que ocupam a parte central, apresentaram idade (646 m.a.) correlacionável com a fase sin-tectônica do referido ciclo, enquanto o *granito sub-alcálico* periférico acusou valor (507 m.a.) compatível com a fase pós-tectônica.

No terceiro grupo de análises, os resultados obtidos com amostras de microgranitos de intrusões menores, acusaram teores muito baixos em estrôncio diminuindo, deste modo, a precisão do método radiométrico. Mesmo assim, os resultados mantiveram padrão uniforme junto àqueles dos riólitos do Cerro Tupanci. Conseqüentemente, se a idade de 450 m.a. obtida para essas rochas for correta, ela passa a indicar, na região, uma atividade vulcânica ácida contemporânea a outras ao longo da região orogênica, como por exemplo aquela que originou as rochas do Grupo Castro, no Paraná. Considerando que algumas idades radiométricas de outras ocorrências de riólitos no *Escudo Sul-Riograndense*, determinadas por MINIOLLI e KAWASHITA, 1971, e por CORDANI *et al.*, 1974, registraram um evento por volta de 500 m.a., as datações disponíveis até o presente momento passariam então a indicar duas fases de vulcanismo ácido pós-orogênico no Rio Grande do Sul. A primeira, seria contemporânea à época de intrusão da maioria dos granitos pós-tectônicos e a última, de caráter alcalino e associada a intrusões de microgranitos, marcaria o término das atividades magmáticas no fechamento do Ciclo Brasileiro.

Do ponto de vista petrogenético, as razões iniciais Sr^{87}/Sr^{86} , extraídas dos diagramas isocrônicos, servem como indicação da natureza do material original, embora não devam ser tomadas isoladamente como critério absoluto. Segundo FAURE e POWEL, 1972, a razão inicial Sr^{87}/Sr^{86} de aproximadamente $0,707 \pm 0,001$, apresentada por determinadas ro-

chas graníticas, pode indicar que elas se originaram de fusões parciais da crosta inferior com razões Rb/Sr adequadas ou por misturas de materiais do manto e da crosta que tenham sofrido fusões parciais.

Para granitos com valores Sr^{87}/Sr^{86} iniciais compreendidos entre 0,705 e 0,708, HYNDMAN, 1972, admite que o material magmático pode também ter se originado na crosta pela fusão parcial de grauvaques derivados de rochas vulcânicas e outras provenientes de arcos de ilhas, com baixos teores de estrôncio radiogênico.

Dentre as razões iniciais fornecidas pelas três isócronas, apenas a primeira reflete precisão no cálculo, pois, para as outras duas, o afastamento dos pontos da região de origem do diagrama diminui a exatidão dos valores obtidos.

No *Escudo Sul-Riograndese*, alguns dados disponíveis relativos, por exemplo, a natureza das litologias que compõem a Formação Encantadas, sugerem que o ambiente geosinclinal, estabelecido durante o Precambriano Superior, tenha tido como substrato uma crosta de natureza continental. Assim, as rochas do Complexo Granítico de São Sepê poderiam ter resultado de processos anatêxicos com atuação no substrato sílico, no material do próprio cinturão orogênico, ou com a participação de ambos, com ou sem contribuição do manto superior. Por outro lado, não desmerecendo o que foi referido no parágrafo anterior, as pequenas diferenças registradas nos valores das razões iniciais nas três isócronas, aliadas à composição e época de formação das rochas, sugerem a ocorrência de fusões sucessivas, operando em materiais distintos, com quantidades cada vez maiores de estrôncio radiogênico.

IV

ASPECTOS PETROGENÉTICOS DO COMPLEXO

Segundo DIDIER, 1973, "*Granites are so common in the earth's crust that many geologists have already described them in detail. However, the diversity of their nature has led to a range of very different opinions being expressed. This resulted in the famous granite controversy, lasting for many years*".

A importância dos granitos e as controvérsias teóricas relativas à sua origem, durante longo período de anos, propiciaram a contínua elaboração de grande número de trabalhos, versando sobre o assunto e que tem sido sempre referidos nas obras mais recentes que abordam a petrologia dos granitos, como as de autoria de MEHNERT, 1971; MARMO, 1971; DIDIER, 1973; AUGUSTITHIS, 1973 e WINKLER, 1977; este último de importância pela referência aos trabalhos, sobretudo de natureza experimental, que o citado autor tem desenvolvido.

À luz das informações assim coligidas e dos elementos geológicos, petrográficos, químicos e geocronológicos levantados para o *Complexo Granítico de São Sepé*, é possível elaborar hipóteses e ou conclusões quanto a petrologia do Complexo.

SOBRE A ORIGEM

Com base no que foi até aqui exposto conclui-se que o *Complexo Granítico de São Sepé* não constitui maciço homogêneo, gerado num único evento. As variedades de rochas registradas, todas, a julgar pelas feições geológicas

e petrográficas, de evidente origem ígnea, resultaram de processos anatêxicos ocorridos em fases distintas de desenvolvimento do Ciclo Orogênico Brasileiro. As condições existentes na região, durante a evolução assim experimentada, podem ser inferidas a partir dos dados disponíveis.

As rochas de composição granito-monzoníticas que ocupam a parte central do Complexo de São Sepé (Figura 3), com idade correlacionável à fase sin-tectônica (Figura 43) de desenvolvimento do Ciclo Brasileiro, durante o Precambriano Superior, poderiam derivar de anatêxis de rochas crustais ocorrendo a certa profundidade sob a influência do calor orogênico, aliado às condições de pressão e atividade de fluídos existentes na região. Dados experimentais obtidos por WILLIE *et al.*, 1976, indicam que os batólitos graníticos se originam de rochas crustais em consequência direta do metamorfismo regional, podendo receber contribuições de material e calor do Manto. Quanto a isto, para as rochas granito-monzoníticas do Complexo, o valor da razão isotópica inicial $Sr^{87}/Sr^{86} = 0,706$ (Figura 43) sugere, em vista da composição delas, uma certa participação de material do Manto Superior. O magma assim gerado, sofrendo diferenciação por gravidade, antes do *emplacement*, faria com que os minerais mais densos, ao aparecerem, fossem se acumulando nas partes mais profundas do reservatório; enquanto isso, os cristais maiores de feldspatos formados contemporaneamente juntos com a fração residual, tenderiam a se concentrar nas porções mais altas. Por consequência, se desenvolveria no maciço uma zona inferior mais básica e outra superior mais ácida, resultando rochas com texturas (Fotos 1, 2, 3 e 4) e composições (Apêndices 2 e 4; Tabelas 8, 9 e 16 e Figuras 39, 40, 41 e 42) diferentes, referidas como *microgranito monzonítico* da parte centro-sul e *granito monzonítico* da parte centro-norte, as quais atualmente se posicionam lado a lado pelo soerguimento do bloco sul (*microgranito monzonítico*) por falhamentos. Mineralogicamente, o arranjo estrutural (Figura 19) e composi

ção dos feldspatos alcalinos (Figuras 17 e 18), a variação composicional e o zoneamento do tipo normal (Figura 15) bem como as geminações dos plagioclásios, também denotam o resultado de processos de cristalização e diferenciação magmática. A *textura rapakivi*, referida anteriormente, e praticamente desconhecida em rochas graníticas sin-tectônicas, poderia ser contemporânea ou então ter sido formada por autometassomatismo (plagioclasização) da rocha. Isto teria lugar durante a fase pós-tectônica, sob a influência térmica do granito periférico que facilitou a ascensão dessa massa rochosa em estado sólido até a epizona, já que os dados isotópicos rubídio-estrôncio não assinalam trocas químicas entre a rocha e o meio exterior.

Na etapa pós-tectônica, após uma atividade vulcânica de natureza andesito-basáltica, seguiu-se extenso magmatismo favorecido por nova anatexis, possivelmente em nível mais alto na Crosta, gerando um magma ácido super-aquecido e com certo teor em voláteis, de modo a permitir sua mobilização e causar uma intrusão (*magmatic emplacement*) que resultou num granito sub-alcalino de epizona (Figuras 3 e 44). Além dos dados reunidos com relação a composição desta rocha (Apêndices 3 e 5; Tabelas 10 e 17 e Figuras 39, 40, 41 e 42) e aspectos mineralógicos (Figuras 15, 17, 18 e 19), em analogia ao que foi enfatizado no caso anterior, outras observações são igualmente importantes. A auréola de metamorfismo de contato nas rochas encaixantes, a presença de enclaves da rocha granítica anterior (*microgranito monzonítico*), próximo ao limite entre ambas, e os filões de quartzo leitoso, contendo ouro e alguns sulfetos (pirita, calcopirita, etc.) que se associam a esse granito e invadem também a área ocupada pelas rochas metamórficas (xistos) encaixantes, enquadradas no Grupo Porongos, falam em favor da hipótese aventada. De outra parte, o decréscimo na granulação da rocha em direção a periferia do Complexo (Fotos 5 e 6) atesta condições de resfriamento mais rápido na zona de contato com as encaixantes.

Finalmente, as relações de campo entre as rochas do Complexo (Figura 3), a composição química e petrográfica, e as feições mineralógicas que podem ser analisadas nos apêndices, tabelas e figuras já citados, juntamente com os dados geocronológicos que compõem a Figura 45, sugerem o término das atividades ígneas na região, após nova fase de magmatismo ácido que originou intrusões menores de microgranitos e riólitos associados.

A íntima relação de todas essas rochas no campo, formadas em épocas sucessivas, indica a tendência que esta parte da Região Orogênica teve para a gênese de rochas de composição granítica, durante o desenvolvimento do Ciclo Brasileiro, sugerindo para tanto condições favoráveis aliadas, talvez, a um fluxo termal mais acentuado na área.

GRADIENTE GEOTERMAL E ESPESSURA DA CROSTA

Na tentativa de estabelecer a correlação entre o gradiente geotermal e a composição de magmas graníticos em cinturões orogênicos, gerados sob diferentes condições de pressão e temperatura, HALL, 1971, partiu da composição normativa média de granitos intrusivos, pertencentes aos cinturões *Variscano (Herciniano)*, *Caledoniano* e *Alpino*, contendo na norma CIPW, $Ab + Or + Qz \geq 80\%$. Com isso, verificou que as respectivas composições (Figura 42) situam-se próximas a isobárica mínima, no sistema $Qz - Or - Ab - H_2O$, para pressões d'água sucessivamente maiores, enquanto as séries de fácies metamórficas indicam que esses cinturões orogênicos se desenvolveram sob gradiente geotermal sucessivamente menor.

Recentemente, WERNICK e GOMES, 1974, confrontando os dados relativos às rochas graníticas associadas ao Grupo Açungui com aqueles obtidos por HALL, 1971, concluíram que

Figura 46 - Posição dos dados referentes ao Complexo Granítico de São Sepê no diagrama destinado a estimativa da espessura da crosta em função dos teores de rubídio e estrôncio (Segundo CONDIE, 1973).

"um gradiente geotérmico, moderado, parece ter permanecido constante no intervalo decorrido entre o paroxismo metamórfico e a intrusão dos granitos pós-tectônicos".

No presente trabalho, as posições dos pontos analíticos na Figura 42, referentes às rochas graníticas do Complexo de São Sepê, aliados aos fatos anteriormente expostos, sugerem que estas rochas se formaram, possivelmente, sob gradiente geotermal de médio a alto, em níveis crustais distintos e sucessivamente mais elevados.

Por outro lado, uma estimativa sobre a espessura da Crosta, com base nos elementos disponíveis, somente pode ser inferida lançando-se mão do diagrama proposto por CONDIE, 1973, elaborado a partir da análise da correlação linear existente entre os conteúdos de rubídio e estrôncio nas rochas de várias províncias, em função das respectivas espessuras da Crosta nessas regiões. A Figura 46 mostra a posição ocupada, no referido diagrama, pelos pontos analíticos das rochas que fazem parte do Complexo de São Sepê, indicando a espessura da Crosta, superior a 30 km, na época de formação das rochas graníticas. Tal fato, nos parece, vem reforçar a idéia da presença de embasamento siálico na região, conforme já referido por ALMEIDA *et al.*, 1973, para os geossinclíneos do Ciclo Brasileiro na Plataforma Brasileira, justificando a grande abundância de plutonismo e vulcanismo de natureza granítica que ocorreu e se distribuiu geograficamente ao longo da *Região Orogênica do Sudeste*.

O COMPLEXO DE SÃO SEPÊ E OUTROS COMPLEXOS GRANÍTICOS DA REGIÃO OCIDENTAL DO ESCUDO SUL-RIOGRANDENSE

Durante a realização do mapeamento geológico do *Complexo Granítico de São Sepê* a atenção voltou-se, também, para outros localizados na região ocidental do Escudo, face

a variedade de tipos petrográficos referidos na literatura. Este é o caso dos complexos graníticos de Caçapava e de Lavras do Sul nos quais foram citados por RIBEIRO *et al.*, 1966, a presença de granitos, granodioritos, etc. Já o Granito Jaguari (JOST e VILLWOCK, 1966) é tido como mais homogêneo apresentando textura equigranular, cor rosa avermelhada e constituído fundamentalmente por feldspato alcalino, quartzo e plagioclásio. SANTOS, 1966, realizando análises modais, classificou essa rocha como sendo um granito sub-alcalino e com base em características dos grãos de zircão, tais como seus hábitos, a frequência de alongação, as cores e os crescimentos, concluiu pela sua origem ígnea. Mais tarde KNIJNIK e POZZA, 1971, admitindo continuidade física entre dois desses granitos, os reuniram sob a denominação de Complexo Granítico Jaguari-Lavras do Sul.

Com efeito, as observações no campo sobre a natureza dessas rochas confirmaram a presença de uma variedade maior de rochas graníticas no maciço de Lavras do Sul do que no de Jaguari. Nesse aspecto, dentre os fatos importantes a serem salientados, podemos destacar: A) presença da textura rapakivi, descrita por GÖNİ, 1961, na região central do Complexo de Lavras; B) ocorrência de granito equigranular de cor avermelhada na zona periférica deste último, intrusivo nos andesitos da Formação Hilário; C) relações de intrusão do Granito Jaguari no Rapakivi Lavras.

Em face disso, como até a presente data apenas uma dessas rochas, apresentando textura rapakivi, havia sido datada radiometricamente por CORDANI *et al.*, 1974, pelo método rubídio-estrôncio, procedemos a outra coleta de amostras para, através de novas determinações, analisarmos a evolução do Complexo Granítico Jaguari-Lavras do Sul.

A Figura 47 indica a localização das referidas amostras: a LS-3 corresponde a um granito equigranular da borda do Complexo de Lavras; a JA-12 provém de uma apófise

Figura 47 - Localização das amostras de rochas graníticas coletadas na região de Lavras do Sul e datadas radiometricamente pelo método rubídio-estrôncio.

do Granito Jaguari, descrita por MARQUES, 1966, e intrusivo no Rapakivi Lavras; as JA-13, JA-14 e JA-18 fazem parte do Granito Jaguari, enquanto a de número 240 do Rapakivi Lavras, foi datada por CORDANI *et al.*, 1974.

A Tabela 20 reúne os novos dados geocronológicos e a Figura 48 mostra a posição desses pontos analíticos, juntamente com aqueles provenientes dos granitos equigranulares da Ramada e de Caçapava do Sul, extraídos de CORDANI *et al.*, 1974, em relação à isócrona de 507 m.a., obtida com amostras semelhantes (granito sub-alcalino) pertencentes ao Complexo de São Sepé, ficando demonstrado que elas apresentam idades correlacionáveis.

De fato, no Complexo de Caçapava do Sul, o metamorfismo de contato e a presença de apófises, nos xistos do Grupo Porongos, resultaram dos efeitos termais da intrusão do granito de cor avermelhada de composição sub-alcalina.

De outra parte, CORDANI *et al.*, 1974, reunindo os pontos analíticos das amostras 240 (Rapakivi Lavras), 262 e 264A (granito monzonítico de Caçapava do Sul), 244, 245 e 246 (granito monzonítico associado a gnaisses e migmatitos localizados ao norte de Lavras do Sul), apresentaram uma isócrona de referência com 610 m.a., sugerindo a formação dessas rochas durante a fase sin-tectônica do Ciclo Brasileiro. Outrossim, GONÇALVES, 1961, já havia enfatizado que o Rapakivi Lavras se afasta das propriedades determinadas nos Rapakivis Fenoscandinavos (considerados pós-tectônicos) ratificando por medidas geoquímicas, o seu caráter sin-cinemático. Entrementes, MARQUES, 1966, selecionando dez amostras representativas da porção mais central do maciço (fácies virbogítica), determinou a seguinte composição modal média: quartzo (27,01%), ortoclásio (27,51%), plagioclásio (38,47%), hornblenda (3,07%), biotita (2,80%) e acessórios (1,00%). Isto permite enquadrar a rocha no sub-campo 3b (granito monzonítico) do diagrama de STRECKEISEN, 1974.

Figura 48 - Diagrama isocrônico reunindo amostras de granitos sub-alcálinos equigranulares da região ocidental do Escudo Sul-Riograndense.

Esses fatos relatados indicam que os granitos monzoníticos e granodioritos são correlacionáveis com aqueles que ocorrem na parte central do Complexo de São Sepé e formados durante a mesma fase (sin-tectônica) do Ciclo Brasileiro. Por outro lado, os granitos sub-alcalinos de cor avermelhada que compõem o Granito Jaguarí e parte dos complexos de Lavras, Caçapava, Ramada e São Sepé, também são equivalentes, tendo sido gerados durante a fase pós-tectônica do referido ciclo orogênico.

HETEROGENEIDADE NA COMPOSIÇÃO DE MACIÇOS GRANÍTICOS DA REGIÃO OROGÊNICA DO SUDESTE

Na análise sobre a diversidade de tipos petrográficos, constatada na maioria dos maciços graníticos localizados na região ocidental do *Escudo Sul-Riograndense*, chega-se a conclusão, pela leitura de trabalhos realizados por alguns autores, que tal situação também se apresenta em outros locais ao longo da *Região Orogênica do Sudeste*, onde mais de uma centena de corpos graníticos já foram referidos na literatura.

Como exemplo podemos citar o trabalho de PICADA, 1967, que caracterizou três fácies principais no Maciço Granítico de Encruzilhada, do ponto de vista textural: um granito médio bordejando o maciço, um granito porfiróide intermediário e um granito grosseiro ocupando a parte central. Posteriormente, CORDANI *et al.*, 1974, ao datar, pelo método rubídio-estrôncio, amostras provenientes desta área e localidades adjacentes, constataram dois conjuntos de idades correlacionáveis com as fases sin-tectônica e pós-tectônica do Ciclo Brasileiro.

Da mesma forma, as rochas graníticas do leste de Santa Catarina (correspondendo ao prolongamento para norte

das variedades descritas na região oriental do Escudo Sul-Riograndense), receberam, por ocasião dos mapeamentos efetuados na área, diferentes nomes em função do local e das variedades petrográficas que foram encontradas, ou sejam: Quartz-Monzonito Morro da Fumaça (TEIXEIRA, 1969), granitos Jaguaruna, Rio Chicão, Imaruí (CASTRO e CASTRO, 1969) e Palmeira do Meio (FERREIRA, 1969). Com isso, embora ALBUQUERQUE e HORBACH, 1972, tenham introduzido o termo Grupo Pedras Grandes para *"condensar os dados apresentados com relação a essa unidade, evitando uma tão grande diversificação de conceitos e nomenclatura"*, acreditamos que o mapeamento dessas rochas graníticas também poderá fornecer critérios mais precisos na definição de cada uma das unidades passíveis de serem individualizadas.

Nos Estados do Paraná e São Paulo têm sido descritos casos semelhantes como o Granito Cunhaporanga (FUCK *et al.*, 1967) que apresenta dualidade de caracteres, com feições intrusiva (tardi a pós-tectônica) e anatexítica (sin-tectônica) e o Batólito Granítico de Três Córregos de aspecto sin-tectônico, mas com relações de intrusão nos metassedimentos do Grupo Açungui. HASUI, 1973, estudando a geologia das regiões de São Roque e Pilar do Sul, em São Paulo, classificou alguns corpos graníticos como do tipo sin-tectônico parautoctone, enquanto WERNICK, 1972, analisando a geologia do Maciço Granítico de Morungaba a leste de São Paulo, discriminou sete grupos de granitos, considerando alguns correspondentes a intrusões tardi-tectônicas e outros como sendo pós-tectônicos. Outrossim, LANDIM *et al.*, 1974, aplicando a análise de agrupamentos (*cluster analysis*) ao estudo geoquímico do Granito de Itaóca, na região da Ribeira, constataram dois agrupamentos distintos: um, compreendendo as rochas localizadas nas bordas W e SE do corpo, com natureza granítica; outro, formado pelas amostras restantes, que se aproximava mais de uma composição granodiorítica.

Essas feições em comum, relativas à heterogeneidade na composição de vários maciços graníticos pertencentes a mesma unidade geotectônica, indicam que eles sofreram evolução dentro de moldes semelhantes e, por isso, estudos de campo, petrográficos e geocronológicos mais específicos poderão, no futuro, acrescentar novos subsídios para as interpretações sobre a origem dessas rochas, a exemplo do sucedido com o *Complexo Granítico de São Sepé*.

V

RESUMO E CONCLUSÕES

O *Complexo Granítico de São Sepé* situa-se no extremo norte da parte ocidental do *Escudo Sul-Riograndense* (Figura 1), Escudo este consolidado no final do Ciclo Brasileiro, e que faz parte da Faixa Dobrada Ribeira (Figura 2) aqui referida pela denominação de *Região Orogênica do Sudeste*.

Embora vários maciços graníticos dessa unidade geotectônica tenham sido classificados como *sin-*, *tardi-* e *pós-tectônicos*, por meio de datações radiométricas, não existem ainda critérios petrográficos e geocronológicos que permitam a distinção dos tipos *tardi-* e *pós-tectônicos*. Sendo assim, estes dois prefixos devem ser empregados como sinônimos, no esquema de evolução das rochas graníticas da citada região orogênica.

Da mesma forma a posição desses granitos, particularmente, na coluna estratigráfica do Precambriano do *Escudo Sul-Riograndense* deve ser considerada com atenção, pois, tal coluna, em razão das várias alternativas propostas (Quadro 1), necessita, dentre outras, de uma redefinição dos grupos Cambaí e Porongos, talvez, com base cronoestratigráfica (Quadro 2).

Na região de São Sepé foi levantada em pormenor (escala 1:50.000) a geologia do Complexo Granítico e rochas encaixantes (Figura 3) com ampla amostragem (Figura 4) baseada na qual vários estudos de laboratório foram conduzidos. Em relação aos dados geológicos locais merecem ênfase os seguintes.

As rochas do Complexo das Pedras Pretas, que ocor

re embutido no Granito São Sepê e que possuem idade mínima em torno de um bilhão de anos (Tabela 1), provavelmente, são contemporâneas aos eventos que originaram rochas semelhantes nas localidades de Mata Grande, Cerro Mantiqueiras e outras da parte ocidental do Escudo. Constituem complexo básico-ultrabásico zoneado cuja mineralogia foi estudada com algum pormenor (Tabela 2).

As rochas metamórficas do Grupo Porongos, uma das encaixantes do Granito São Sepê, exibem, em consequência da ação intrusiva, auréola de hornfelses pelíticos, equivalentes, na zona mais interna, à fácies hornblenda-hornfels, conforme definido petrografica e mineralogicamente (Tabelas 3, 4 e 5 e Figuras 5, 6 e 7).

Ao longo da borda leste-sudeste do referido granito, rochas da Formação Maricã, pequenas intrusões e derrames de lava de composição andesito-basáltica (Formação Hilário) também registraram, do ponto de vista mineralógico (Tabelas 3, 5 e 6 e Figuras 5, 6, 7 e 8), petrográfico e geocronológico (Tabela 1), evidências de metamorfismo de contato provocado pelo magma granítico.

Geologicamente, o Complexo Granítico de São Sepê, em sua área de afloramento, apresenta forma alongada estendendo-se para sudoeste da cidade que lhe empresta o nome (Figura 3). Suas dimensões equivalem as de um batólito embora, ao norte, esteja em grande parte recoberto pelas rochas sedimentares da Bacia do Paraná (Figuras 3 e 9). Evidências tectônicas, geomorfológicas, topográficas e litológicas (Figuras 3 e 10) justificam a forma atual da área de exposição do Complexo.

Petrograficamente, o Complexo Granítico de São Sepê é formado por rochas distintas (Figura 3). Na parte centro-sul, destaca-se microgranito monzonítico (Fotos 1 e 2 e

Tabela 8) e na parte centro-norte, *granito monzonítico porfirítico* (Fotos 3 e 4 e Tabela 9). A rocha que as envolve, corresponde a um *granito sub-alcálico equigranular* (Tabela 10) exibindo decréscimo na granulação em direção às bordas do Complexo (Fotos 5 e 6). Intrusões menores são representadas, principalmente, por *microgranitos álcali-feldspáticos* (Fotos 7 e 8 e Tabela 11). As denominações utilizadas para as variedades de granito mencionadas foram escolhidas com base em determinações microscópicas e critérios de classificação consagrados na literatura (Figuras 12 e 13). Essas variedades presentes no Complexo mantêm relações diversas entre si e com as rochas encaixantes, relações estas ilustradas por meio de perfis geológicos (Figura 14).

Mineralogicamente, os feldspatos são os principais constituintes dessas rochas como indicam as composições modais (Tabelas 8, 9, 10 e 11). Nos *plagioclásios*, o zoneamento na composição é normal (Figura 15); os tipos mais cálcicos estão presentes nas rochas da parte central do Complexo e aqueles essencialmente albiticos compõem os microgranitos álcali-feldspáticos (Figuras 15 e 16). Os *feldspáticos alcalinos* são representados pelo ortoclásio peritítico (Figuras 17, 18 e 19), com o microclínio restrito às cavidades miarolíticas existentes no granito sub-alcálico (Figura 19). A composição química das *biotitas* (Tabelas 12, 13 e 14 e Figuras 20 e 21), também varia de acordo com a natureza da rocha granítica que as contém. Os *anfíbólios*, classificados hornblenda ferroedenítica e ferro-edenita (Tabela 7 e Figura 11), ocorrem somente nas rochas da parte central de composição granito-monzonítica.

Quimicamente, a distribuição de alguns elementos principais e traços, baseada em 298 análises de rochas do Complexo Granítico, conforme procedimento analítico descrito no Apêndice 1 e reunidas nos Apêndices 2, 3, 4 e 5, é ilustrada por meio de histogramas de frequência (Figuras 22, 23

e 24), sugerindo que as rochas graníticas do Complexo não se originaram, a partir de um mesmo magma, por simples processo de diferenciação. De outra parte, a variação em área da concentração desses elementos, ao longo do Complexo de São Sepê, elucidada pela análise de superfícies de tendência, mostra as afinidades geoquímicas entre eles, com aspectos semelhantes nas configurações gerais em mapas (Figuras 25 a 37), guardando relação muito íntima com os tipos petrográficos destacados durante o mapeamento geológico. Análises químicas pormenorizadas indicam que as rochas da parte central são de composição *granito-monzonítica* (Tabelas 16, 18 e 19 e Figuras 39, 40 e 41), com o tipo mais básico situado na porção centro-sul (Figuras 3 e 38); o granito envolvente, de composição *sub-alcalina* (Tabelas 17, 18 e 19 e Figuras 39, 40 e 41), torna-se mais diferenciado em direção a periferia do Complexo de São Sepê; os *microgranitos álcali-feldspáticos* (Tabelas 17, 18 e 19 e Figuras 39, 40 e 41), de intrusões menores, correspondem às rochas mais ácidas.

Geocronologicamente, determinações radiométricas, pelo método rubídio-estrôncio, forneceram a idade de 646 ± 6 milhões de anos (Tabela 20 e Figura 43) para as rochas *granito-monzoníticas* da parte central do Complexo Granítico, correspondendo à fase *sin-tectônica* de desenvolvimento do Ciclo Brasileiro. O *granito sub-alcalino* periférico acusou a idade de 507 ± 7 milhões de anos (Tabela 20 e Figura 44), compatível com a fase *pós-tectônica* do referido ciclo orogênico. Por último, os resultados obtidos com amostras de *microgranitos álcali-feldspáticos* de intrusões menores e de *riólitos* do Cerro Tupanci, indicaram uma idade de 450 ± 6 milhões de anos (Tabela 20 e Figura 45).

No decurso do Ciclo Brasileiro, processos de *anagênese*, favorecidos por vários agentes, atuando sucessivamente na região em níveis diferentes, sob a influência de gradiente geotermal moderado a alto (Figura 42), em zona da

Crosta com espessura superior a 30 km (Figura 46), podem ter sido os responsáveis pela origem do *Complexo Granítico de São Sepé*.

Outros complexos graníticos, descritos na região ocidental do *Escudo Sul-Riograndense*, também apresentam diversidade de tipos petrográficos com idades diferentes. A *textura rapakivi*, presente nas rochas que ocupam a parte central dos complexos de Lavras do Sul e de São Sepé, está associada a rochas granito-monzoníticas correlacionáveis, em idade, com a fase sin-tectônica do Ciclo Brasileiro. Sendo assim, como na literatura geológica esta feição tem sido descrita em granitos pós-tectônicos, as hipóteses aventadas na explicação deste fato se alternam entre condições reinantes na época de cristalização magmática ou por autometassomatismo (plagioclasização) da rocha, na fase pós-tectônica, sob a influência térmica do granito envolvente.

Os dados até aqui reunidos evidenciam que as *rochas granito-monzoníticas*, descritas em alguns complexos graníticos da região ocidental do *Escudo Sul-Riograndense* (Lavras do Sul, Caçapava do Sul), guardam relação com as que ocupam a parte central do Complexo de São Sepé e apresentam idades compatíveis à fase sin-tectônica do Ciclo Brasileiro. Por outro lado, os *granitos sub-alcalinos*, com textura granular, de cores avermelhadas, que se associam às anteriores ou formam plutões independentes, estão ligados à fase pós-tectônica do referido ciclo (Figura 48). À esta etapa no *Complexo Granítico de São Sepé* estão relacionadas mineralizações auríferas contidas em filões de quartzo.

A heterogeneidade na composição de vários maciços graníticos, descritos ao longo da *Região Orogênica do Sudeste*, indica que eles sofreram evolução geológica segundo modelos semelhantes, em áreas favoráveis a geração de rochas graníticas, durante intervalo de tempo significativo, no decorrer do Ciclo Orogênico Brasileiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, L.F.F. de e HORBACH, R. - 1972 - Nota Explicativa sobre a Revisão do Mapeamento da Porção Gonduânica das Quadrículas de Tubarão/Laguna e Rio do Sul, SC. DNPM/CPRM, Porto Alegre, Inédito.
- ALMEIDA, F.F.M. de; AMARAL, G.; CORDANI, U.G. e KAWASHITA, K. - 1973 - The Precambrian evolution of the South American Cratonic Margin South of the Amazon River, *in*: The Ocean Basins and Margins (ed. Nairn, A.E.-Stehli, F. G.), 1: 411-446. Plenum Publ. Co.
- ALMEIDA, F.F.M. de; HASUI, Y. e BRITO NEVES, B.B. de - 1976 - The Upper Precambrian of South America. Bol. Inst. Geoc. USP, 7: 45-80.
- AMARAL, G. - 1976 - Teste da análise de superfícies de tendência para distribuições aleatórias. XXIX Congr. Bras. Geol., Res. dos Trab., p.74, Ouro Preto.
- AMARAL, G.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K. e REYNOLDS, J.H. - 1966 - Potassium Argon ages of basaltic rocks from Southern Brazil. Geoch. Cosmoch. Acta, 30(2): 159-189.
- AMARAL, G. e RÜEGG, N.R. - 1970 - "Trend Surface Analysis" aplicada ao estudo da diferenciação regional das rochas basálticas da Bacia do Paraná. XXIV Congr. Bras. Geol., Brasília, Bol. 1: 352-353.
- AUGUSTITHIS, S.S. - 1973 - Atlas of textural patterns of granites, gnaisses and associated rocks types. 378 p. Elsevier Scient. Publ. Comp., Amsterdam.
- BAILEY, E.H. and STEVENS, R.E. - 1960 - Selective staining of K-feldspar and plagioclase on rock slabs and thin sections. Amer. Mineral., 45: 1020-1025.
- BEUS, A.A. and SITNIN, A.A. - 1969 - Distribution of petrogenic elements in granitoids, *in*: Problems of geochemistry (N.I. Khitarov, ed.), 464-471, Israel Program Sci. Transl., Jerusalem.
- BETTENCOURT, J.S.; FULFARO, V.J.; GIRARDI, V.A.V. e PETRI, S. - 1971 - Geologia da Folha de Capão Bonito, SP. An. XXV Congr. Bras. Geol., 1, 97.

- BETTENCOURT, J.S.; WERNICK, E. e PENALVA, F. - 1976 - Contribuição à metalogenia do Sistema de Dobramentos Ribeira. An. XXIX Congr. Bras. Geol., Ouro Preto (no prelo).
- BUDDINGTON, A.F. - 1959 - Granite Emplacement with Special Reference to North America. Geol. Soc. Am. Bull., 70: 671-747.
- BURRI, C.; PARKER, R.L. und WENK, E. - 1967 - Die optische Orientierung der plagioklase. 333 p. Birkhäuser Verlag, Basel.
- CARRARO, C.C.; GAMERMANN, N.; EICK, N.C.; BORTOLUZZI, C.A.; JOST, H. e PINTO, J.F. - 1974 - Mapa geológico do Estado do Rio Grande do Sul. Mapa do Instituto de Geociências da UFRGS, 8, esc. 1:1.000.000, Porto Alegre.
- CARVALHO, P.F. - 1932 - Reconhecimento geológico no Estado do Rio Grande do Sul. Bol. do Inst. Geológico e Mineralógico do Brasil, Rio de Janeiro, 66: 1-72.
- CASTRO, E.C. de e CASTRO, V.H.S. de - 1969 - Geologia da Quadrícula de Laguna, SC. 1º Distrito, DNPM, Porto Alegre, Inédito.
- CHAYES, F. - 1952 - Notes on the staining of potash feldspar with sodium cobaltinitrite in thin section. Amer. Mineral., 37: 337-340.
- CHINNER, G.A. - 1960 - Pelitic gneisses with varying ferrous/ferric ratios from Glen Clova, Angus, Scotland, J. Petrology, 1, 178.
- COIMBRA, A.M. - 1976 - Arenitos da Formação Botucatu: Estudo de Áreas-Fonte. Dissertação de Mestrado. 2 vol., 123 p., Instituto de Geociências, USP.
- CONDIE, K.C. - 1973 - Archean Magmatism and Crustal Thickening. Geol. Soc. of Am. Bull., 84: 2981-2992.
- CORDANI, U.G. - 1974 - Comentários sobre as determinações geocronológicas disponíveis nas Folhas Asunción e Curitiba in: Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, DNPM, Folha Asunción (SG.21) e Folha Curitiba (SG.22). Texto Explicativo, 58-67, Brasília.

- CORDANI, U.G.; BITTENCOURT, I.; BETTENCOURT, J.S.; GOMES, C.B.; LELLIS, H.S.; MELCHER, G.C. e MELFI, A.J. - 1971a - Geologia da Folha de Guapiara, SP. An.XXV Congr. Bras. Geol., 1, 95.
- CORDANI, U.G.; GIRARDI, V.A.V.; GOMES, C.B.; LELLIS, H.S.; MELCHER, G.C. e MELFI, A.J. - 1971b - Geologia da Folha de Eldorado, SP. An.XXV Congr. Bras. Geol., 1, 103.
- CORDANI, U.G.; HALPERN, M. e BERENHOLC, M. - 1974 - Comentários sobre as determinações geocronológicas da Folha de Porto Alegre in: Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, DNPM, Folhas Porto Alegre (SH.22) e Folha Lagoa Mirim (SI.22). Texto Explicativo, 70-84. Brasília.
- CORDANI, U.G. e KAWASHITA, K. - 1971 - Estudo Geocronológico pelo método Rb-Sr de Rochas Graníticas Intrusivas no Grupo Açungui. An.XXV Congr. Bras. Geol., 1, 105 - 110.
- COUTINHO, J.M.V. - 1971 - Estado atual de conhecimento do Pré-Cambriano Superior Sul Brasileiro: uma síntese. An. XXV Congr. Bras. Geol., 1, 83-91.
- DAVIS, J.C. - 1973 - Statistics and Data Analysis in Geology. 550 p., John Wiley and Sons, INC., New York.
- DELANEY, P.J.V. - 1960 - Lagoas cordiformes do Rio Grande do Sul - Brasil. Bol. da Esc. Geol. da UFRGS, 3, 15p., Porto Alegre.
- DELANEY, P.J.V. - 1965 - Fisiografia e geologia de superfície da planície costeira do Rio Grande do Sul. Publ. esp. da Esc. de Geol. da UFRGS, 6, 105 p., Porto Alegre.
- DE LA ROCHE - 1966 - Sur l'usage du concept d'association minérale dans l'étude chimique des roches: modèles chimiques statistiques, représentations graphiques, classification chimico-minéralogique. C.R. Acad. Sc. Paris, t.262, 1665-1668.
- DIDIER, J. - 1973 - Granites and their enclaves. Developments in Petrology 3. 393 p. Elsevier Sc. Publ. Comp., Amsterdam.

- ESKOLA, P. - 1932 - On the origin of granite magmas. Mineral. Petrol. (N.F.), 42: 455-481.
- FAURE, G. and POWELL, J.L. - 1972 - Strontium Isotope Geology. 188 p., Springer-Verlag, Berlin.
- FERREIRA, L.A.D. - 1969 - Relatório da Geologia da Quadrícula de Rio Fortuna, SC. 1º Distrito, DNPM, Porto Alegre, Inédito.
- FLANAGAN, F.J. - 1973 - 1972 values for international geochemical reference samples. Geoch. Cosmoch. Acta, 37: 1189-1200.
- FREY, R. - 1937 - La classification moderne des roches éruptives. Notes et Mém. Serv. Mines et Carte géol. Maroc, Rabat, 44, 125 p.
- FUCK, P.A.; MARINI, O.J. e TREIN, E. - 1967 - Contribuição ao estudo das rochas graníticas do Estado do Paraná. Bol. Paran. Geoc., Geoc., 23/25: 237-255.
- FÜLFARO, V.J. - 1971 - A evolução tectônica e paleogeográfica da Bacia Sedimentar do Paraná pelo "Trend Surface Analysis", Esc. Eng. S. Carlos, USP, Geol. 14, 112 p.
- FÜLFARO, V.J. e AMARAL, G. - 1970 - Aplicações do "Trend Surface Analysis" a problemas geológicos. XXIV Congr. Bras. Geol., Bol. Esp. 1: 51-54.
- GAMERMANN, N.; BORTOLUZZI, C.A.; CARRARO, C.C. e EICK, N.C. - 1974 - Formação Budô e Formação Suspiro. XXVIII Congr. Bras. Geol., Res. dos Trab., p. 21, Porto Alegre.
- GIRARDI, V.A.V. - 1974 - Petrologia do Complexo Básico-Ultrabásico de Piên, PR. Tese de Livre Docência, 146 p., Inst. de Geociências, USP.
- GOKHALE, N.W. - 1968 - Chemical composition of biotites as a guide to ascertain the origin of granites. Bull. Geol. Soc. Finland, 40: 107-111.
- GOLDSMITH, J.R. and LAVES, F. - 1954 - Potassium feldspar structurally intermediate between microcline and sanidine. Geoch. Cosmoch. Acta, 6: 100-118.
- GOMES, C.B.; BITTENCOURT, I.; CORDANI, U.G.; FÜLFARO, V.J.; MELFI, A.J. e PETRI, S. - 1971a - Geologia da Folha de Itararé, SP e PR. An. XXV Congr. Bras. Geol., 1, 93.

- GOÑI, J.C. - 1961 - O Rapakivi Lavras, Jazidas Metalíferas associadas, Rio Grande do Sul, Brasil. Bol. Esc. Geol. da UFRGS, 7, 91 p., Porto Alegre.
- GOÑI, J.C. - 1962 - Origine des roches ultrabasiqes et serpentineuses du précambrien de Rio Grande do Sul (Brésil). Mode de gisement et minéralisations. Bol. Esc. Geol. da UFRGS, 12, 89 p., Porto Alegre.
- GOÑI, J.C.; GOSO, H. e ISSLER, R.S. - 1962 - Estratigrafia e geologia econômica do Prê-Cambriano e Eopaleozôico Uruguaio e Sul-Riograndense. Esc. Geol. da UFRGS, avulso nº 3, 105 p., Porto Alegre.
- GORDON JUNIOR, M. - 1947 - Classificação das formações gondwânicas do Paranã, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Notas Preliminares e Estudos da Divisão de Geologia e Mineralogia. DNPM. Rio de Janeiro, 38a: 1-20.
- HALL, A. - 1971 - The Relationship between Geothermal Gradient and the Composition of Granitic Magmas in Orogenic Belts. Contr. Mineral. and Petrol. 32: 186-192.
- HARRY, W.T. - 1950 - Aluminium replacing silicon in some silicate lattices. Min. Mag., 29: 142 p.
- HASUI, Y. - 1973 - Tectônica da área das Folhas de São Roque e Pilar do Sul. Tese de Livre Docência. 190 p., Inst. de Geociências, USP.
- HASUI, Y.; CARNEIRO, C.D.R. e COIMBRA, A.M. - 1975 - The Ribeira Folded Belt. Rev. Bras. Geoc., 5(4): 257-266.
- HASUI, Y. e HAMA, M. - 1972 - Geocronologia do Grupo São Roque pelo método potássio-argônio. Rev. Bras. Geoc., 2(1): 18-24.
- HEINRICH, E.W. - 1946 - Studies in the mica group: the biotite-phlogopite series. Amer. Journ. Sci., 244: 836 p.
- HUTCHISON, C.S. - 1974 - Laboratory handbook of petrographic techniques. 527 p. John Willey & Sons, Inc. N. York.
- HYNDMAN, D.W. - 1972 - Petrology of igneous and metamorphic rocks. 533 p. McGraw-Hill Book Company, New York.
- ISSLER, R.S.; DRESCH, R.A.C. e ROISEMBERG, A. - 1973 - Geocronologia do Gabro de Mata Grande, Município de São Sepê, Estado do Rio Grande do Sul. Rev. Bras. Geoc., 3(2): 124-127.

- JACKSON, V.N. *et al.* - 1973 - Projeto Aerogeofísico Camaquã, Estado do Rio Grande do Sul. Relatório Inédito. 4 vol. 221 p. Texas Instruments Inc./CPRM/DNPM/CNEN, Dallas, Texas.
- JOST, H. e VILLWOCH, J.A. - 1966 - Contribuição à estratigrafia do Prê-Cambriano do Rio Grande do Sul. Notas e Estudos da Esc.Geol.da UFRGS, Porto Alegre, 1(1):13-26.
- JOYCE, A.S. - 1973 - Application of cluster analysis to detection of subtle variation in a granitic intrusion. Chemical Geology, 11: 297-306.
- JUNG, J. et BROUSSE, R. - 1959 - Classification modale des Roches Éruptives. 122 p. Masson et Cie. Éditeurs, Paris.
- KAADEN, G. van der - 1951 - Optical studies on natural plagioclase feldspar with high- and low-temperature-optics, Diss. Utrecht.
- KABESH, M.L. and REFAAT, A.M. - 1972 - The chemical composition of biotites as a guide to the petrogenesis of the granitic rocks of Wadi El Mellaha, Northern Desert, Egypt. N.Jb.Mineral. Abh. 117(1): 85-95.
- KABESH, M.L. and REFAAT, A.M. - 1973 - The significance of biotite as a guide to the petrogenesis of the granitic rocks of Umm Naggat stock, Eastern Desert, Egypt. Geol.Jb., 1: 55-67.
- KAUL, P.F.T. e RHEINHEIMER, D. - 1974 - Projeto Ouro no Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Relatório Final, DNPM (executado pela CPRM), Porto Alegre, Inédito.
- KAWASHITA, K. - 1972 - O método Rb-Sr em rochas sedimentares. Aplicação para as Bacias do Paraná e do Amazonas. Tese de Doutorado - Inst.Geociências, USP.
- KHAIN, V.Ye. and SHEYNMANN, Yn.M. - 1962 - Hundreth anniversary of the geosynclinal theory. Int.Geol.Rev. 4 (2): 166-197.
- KNIJNIK, P.R. e POZZA, E.V. - 1971 - Geologia da área de Bagé-São Gabriel. Porto Alegre. DNPM-CPRM, esc. 1:250.000. Inédito.

- LACROIX, A. - 1933 - Classification des Roches Éruptives. Bull. Serv. Géol. de l'Indo-Chine, Hanoi, vol. XX, fasc. 3.
- LANDIM, P.M.B.; GOMES, C.B.; ARRUDA, J.R. e FÚLFARO, V.J. - 1974 - Análise de Agrupamentos (Cluster Analysis) aplicada ao estudo geoquímico do granito Itaóca, região da Ribeira. An. XXVIII Congr. Bras. Geol., 7: 161-168.
- LEAKE, B.E. - 1968 - A catalog of analyzed Calciferous and Sub calciferous Amphiboles together with their nomenclature and associated minerals. Geol. Soc. Amer. Sp. Paper, 98, 210 p.
- LEINZ, V. - 1945 - Geologia da área mineralizada de estanho e tungstênio no Estado do Rio Grande do Sul. Bol. Div. Fom. Prod. Min. (DNPM), 70: 15-45, Rio de Janeiro.
- LEINZ, V.; BARBOSA, A.F. e TEIXEIRA, E.A. - 1941 - Mapa geológico Caçapava-Lavras. Bol. Div. Prod. Min. Secr. da Agric. Ind. e Com., 90, 39 p., Porto Alegre.
- LUMMERTZ, F. e TREIN, E. - 1963 - Geologia da Área VI: Quadrícula do Rio São Sepê, RGS. Esc. Geol. UFRGS. Trab. de formatura, Porto Alegre.
- LUTH, W.C.; JAHNS, R.H. e TUTTLE, O.F. - 1964 - The granite system at pressures of 4 to 10 kilobars. J. Geophys. Res., 69: 759-773.
- MARINI, D.J. e DELLA FÁVERA, J.C. - 1963 - Mapeamento geológico da área X. Esc. Geol. UFRGS. Trab. de formatura, 165 p., Porto Alegre.
- MARMO, V. - 1971 - Granite Petrology and the granite problem. Developments in Petrology 2. 244 p. Elsevier Publ. Company, Amsterdam.
- MARQUES, V.J. - 1966 - Petrografia do Rapakivi de Lavras do Sul, RS. Esc. Geol. UFRGS. Trab. de formatura, 74 p., Porto Alegre.
- MEHNERT, K.R. - 1971 - Migmatites and the origin of granitic rocks. 2ª impres. 405 p. Elsevier Publ. Comp., Amsterdam.
- MELCHER, G.C.; CORDANI, U.G.; DAMASCENO, E.C.; GIRARDI, V.A.V.; GOMES, C.B.; LELLIS, H.S. e MELFI, A.J. - 1971 - Geologia da Folha de Apiaí, SP e PR. An. XXV Congr. Bras. Geol., 1, 101.

- MELCHER, G.C.; GOMES, C.B.; CORDANI, U.G.; BETTENCOURT, J.S.; DA MASCENO, E.C.; GIRARDI, V.A.V. e MELFI, A.J. - 1973 - Geologia e Petrologia das rochas metamórficas e graníticas associadas do Vale do Rio Ribeira do Iguape, SP e PR. Rev.Bras.Geoc., 11(2): 97-123.
- MENDES, J.C. - 1962 - Problemas Paleogeográficos e Estratigráficos do Grupo Tubarão (Carbonífero Superior). Bol. da Soc.Bras. Geol., São Paulo, 3(2): 71-74.
- MENEGOTTO, E. e MEDEIROS, E.R. - 1976 - Contribuição ao estudo das rochas ígneas ácidas da região da Serra Tupanci, RS. XXIX Congr.Bras.Geol., Res.dos Trab., p.343, Ouro Preto.
- MENEGOTTO, E.; SARTORI, P.L. e MACIEL FILHO, C.L. - 1968 - Nova sequência sedimentar sobre a Serra Geral no Rio Grande do Sul. Publ.Esp.do Inst.de Solos e Culturas, UFSM, 1, 19 p. Santa Maria.
- MINIOLI, B. e KAWASHITA, K. - 1971 - Contribuição à estratigrafia do Eo-Paleozóico do Escudo Riograndense. Anais do XXV Congr.Bras.de Geol., São Paulo, vol.1: 193-198.
- MONACO, O.A.; TRAMONTINA, H.C.; WILLIG, C.D.; VALENTINI, N.; ZIR FILHO, J.A. e CONTE, C.N. - 1974 - Carta geológica do Brasil ao Milionésimo; Folha Porto Alegre, SH.22 e Folha Lagoa Mirim, SI.22. Brasília, DNPM. 99 p.
- MURATORI, A. e LOPES, J.A. - 1963 - Geologia da área VIII. Quadrícula arroio São Sepê - RGS. Esc.Geol.UFRGS.Trab. de formatura, 96 p., Porto Alegre.
- MURRAY, C.G. - 1973 - Estudios petrologicos de complexos ultramáficos zonados en Venezuela y Alaska. Bol. de Min. Minas e Hidr. da Venezuela, 12(22): 174-279.
- NOCKOLDS, S.R. - 1947 - The relation between chemical composition and paragenesis in the biotite micas of igneous rocks. Amer.Journ. Sci., 245: 401 p.
- NOCKOLDS, S.R. - 1954 - Average Chemical Composition of Some Igneous Rocks. Geol.Soc.Am.Bull, 65: 1007-1032.
- NOGUEIRA, P.C. - 1951 - Regiões fisiográficas do Estado do Rio Grande do Sul. Ed.Livraria Selbach, 16 p., Porto Alegre.

- PENALVA, F. e HENNIES, W.T. - 1971 - A coloração seletiva de minerais como técnica auxiliar no estudo de rochas. *Ci. e Cult.*, 23(5): 577-584.
- PICADA, R.S. - 1967 - Estudos preliminares sobre a evolução geoquímica e mineralógica do Maciço Granítico Encruzilhada. *Publ. Esp. Esc. Geol. UFRGS*, 14, 1-87, Porto Alegre.
- PICADA, R.S. - 1971 - Ensaio sobre a tectônica do Escudo Sul-Riograndense. Caracterização dos Sistemas de Falhas. *Anais do XXV Congr. Bras. Geol.*, 1: 167-191.
- POLDERVAART, A. and PARKER, A.B. - 1964 - The Crystallization index as a parameter of igneous differentiation in binary variation diagrams. *Am. Jour. Sci.*, 262: 281-289.
- RAGUIN, E. - 1970 - *Pétrographie des Roches Plutoniques dans leur cadre géologique*. 239 p. Masson et Cie., Paris.
- RHODES, J.M. - 1969 - The application of cluster and discriminatory analysis in mapping granite intrusions. *Lithos*, 2: 223-237.
- RIBEIRO, M. - 1970 - Geologia da folha de Bom Jardim, RS. *Bol. Div. Fom. Prod. Min. (DNPM)*, 247, 141 p., Rio de Janeiro.
- RIBEIRO, M.; BOCCHI, P.R.; FIGUIREDO FILHO, P.M. de e TESSARI, R.I. - 1966 - Geologia da quadrícula de Caçapava do Sul. *Bol. Div. Geol. Min. (DNPM)*, 127, 232 p., Rio de Janeiro.
- RIBEIRO, M.J. - 1965 - Granitos metamórficos em São Sepê, Rio Grande do Sul. *Anais da Acad. Bras. de Cienc.*, Rio de Janeiro, 37(3/4): 477-481.
- RIBEIRO, M.J. e BOCCHI, P.R. - 1963 - Mapeamento geológico preliminar da Área nº 5 da Quadrícula Arroio São Sepê. *Esc. Geol. UFRGS. Trab. de formatura*, Porto Alegre.
- RÜEGG, N.R. - 1975 - Modelos de variação química na província basáltica do Brasil Meridional. Características de teor, distribuição geográfica e diferenciação. Tese de Livre Docência. 2 vol., 309 p. Inst. de Geociências, USP

- SANTOS, E.L. dos - 1966 - Petrografia do Granito Jaguari e petrogênese em função das relações morfológicas e parâmetros do zircão. Esc. de Geol. UFRGS. Trab. de formatura, 17 p., Porto Alegre.
- SARTORI, P.L. - 1966 - Considerações estratigráficas e petrográficas sobre as rochas aflorantes na região de Acampamento Velho, Lavras do Sul, RS. Esc. Geol. UFRGS, Trab. de formatura, 37 p., Porto Alegre.
- SARTORI, P.L. e MACIEL FILHO, C.L. - 1976 - Petrografia da sequência vulcânica da Formação Serra Geral no rebordo ocidental do Planalto Meridional, RS. XXIX Congr. Bras. de Geol. Res. dos trab. p. 319, Ouro Preto.
- SCHNEIDER, A.W.; LOSS, E.L. e PINTO, J.F. - 1974 - Mapa geológico da folha de Porto Alegre. Mapa do Instituto de Geociências da UFRGS, 7, esc. 1:50.000, Porto Alegre.
- SERDYUCHENKO, D.P. - 1948 - On the crystallochemical role of titanium in micas. Doklady Akad. Sci. USSR, 59, 739.
- SLEMMONS, D.B. - 1962 - Determination of volcanic and Plutonic plagioclases using a three or four-axis universal stage. Geol. Soc. Amer. Spec. pap., 69, 63 p.
- SMITH, J.V. - 1974 - Feldspar Minerals. vol. I, 218 p. Springer-Verlag, New York.
- STEPHANSSON, O. - 1975 - Polydiapirism of granitic rocks in the Svecofennian of Central Sweden. Precambrian Research 2, 189-214.
- STEPHANSSON, O. - 1977 - Granite diapirism in Archaean rocks. J. geol. Soc., London, 133, 357-361.
- STRECKEISEN, A. - 1974 - Classification and nomenclature of plutonic rocks. Geol. Rdsch., 63: 773-785.
- STRECKEISEN, A. - 1976 - Classification of the common igneous rocks by means of their chemical composition. N. Jb. Miner. Mh., 1: 1-14.
- TEIXEIRA, C.A.C. - 1969 - Relatório Preliminar da Geologia das Quadrículas de Braço do Norte e Morro da Fumaça, SC. 1º Distrito DNPM, Porto Alegre, inédito.
- TERTSCH, H. - 1942 - Zur hochtemperatur - Optik der Plagioklasse, Zentralbl. Mineral., Geol., Pal., 4: 137-144.

- TESSARI, R.I. - 1965 - Evolução geotectônica do Escudo Sul-Riograndense. Conf. Núcleo RS da Soc. Bras. Geol., Porto Alegre.
- TESSARI, R.I. e GIFFONI, L.E. - 1970 - Geologia da região de Piratini, Pinheiro Machado e Bagé, Rio Grande do Sul. Bol. Div. Geol. e Min. (DNPM), 246, 123 p. Rio de Janeiro.
- TESSARI, R.I. e PICADA, R.S. - 1966 - Geologia da quadrícula de Encruzilhada do Sul, RS. Bol. Div. Fom. Prod. Min. (DNPM), 124, 147 p., Rio de Janeiro.
- THORNTON, C.P. and TUTTLE, O.F. - 1960 - Chemistry of igneous rock, I. Differentiation index. Am. Jour. Sci., 258: 664-684.
- TORQUATO, J.R. - 1974 - Geologia do Sudoeste de Mocimedes e suas relações com a evolução tectônica de Angola. Inst. Geociências, USP. Tese de Doutorado, 243 p.
- TURNER, F.J. - 1968 - Metamorphic Petrology, 403 p. McGraw-Hill, New York.
- TUTTLE, O.F. and BOWEN, N.L. - 1958 - Origin of granite in the light of experimental studies in the system $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - KAlSi_3O_8 - SiO_2 - H_2O . Mem. Geol. Am. 74: 153 p.
- VILLWOCK, J.A. e LOSS, E.L. - 1970 - Um novo tipo de complexo básico-ultrabásico na faixa serpentínica do Prê-Cambriano do Rio Grande do Sul. Notas e Est. Esc. Geol. 2(1): 15-22.
- WASHINGTON, H.S. - 1917 - Chemical analysis of igneous rocks. U.S. Geol. Survey Prof. Paper 99, 1201 p.
- WERNICK, E. - 1972 - A Geologia do Maciço Granítico de Morungaba, Leste do Estado de São Paulo. Esc. de Eng. de São Carlos. Geol. nº 16. 110 p., USP.
- WERNICK, E. e GOMES, C.B. - 1974 - Granitos e metamorfismo no Vale do Ribeira de Iguape, SP e PR. Anais do XXVIII Congr. Bras. de Geol., Porto Alegre, vol. 5: 145-154.
- WERNICK, E. e PENALVA, F. - 1971 - Rochas Graníticas do sul do Brasil. An. III Congr. Ibero-Americ. de Geol. Econ. México (no prelo).

- WINKLER, H.G.F. - 1977 - Petrogênese das Rochas Metamórficas. Tradução da 4^a edição por Carlos Burger Júnior. 254 p. Editora Edgard Blücher Ltda., São Paulo
- WYLLIE, P.J.; HUANG, W.L.; STERN, C.R. and MAALØE, S. - 1976 - Granitic magmas: possible and impossible sources, water contents, and crystallization sequences. Can. J. Earth Sci., 13: 1007-1019.

APÊNDICE 1

MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADAS

Após os trabalhos preliminares de gabinete abrangendo a pesquisa bibliográfica do que havia sido feito na região, o levantamento de campo incluiu a elaboração de um mapa geológico da área de ocorrência do *Complexo Granítico de São Sepê*. Este mapa, reduzido na Figura 3 para a escala de 1:100.000, foi efetivado originalmente na escala de 1:50.000. Para tanto, foram utilizadas fotografias aéreas, na escala 1:60.000, tiradas pela U.S.A.F. e as cartas topográficas 15' x 15' das Folhas de São Sepê, Passo do Salsinho, Rio Vacacaí e Vila Nova da D.S.G. do Ministério da Guerra na escala 1:50.000. Durante a coleta de dados houve o cuidado na obtenção de uma amostragem representativa, apresentada na Figura 4, de todo o Complexo Granítico e das rochas encaixantes, próximas ao contato.

No estudo óptico de lâminas delgadas utilizou-se um microscópio polarizante equipado com platina universal, contador de pontos e demais acessórios; na confecção das secções empregou-se a técnica da coloração por meio do cobalto nitrito de sódio, pormenorizada adiante, para destacar a presença dos feldspatos potássicos.

As análises de laboratório, desenvolvidas em etapas sucessivas, processaram-se com o auxílio das seguintes técnicas:

ANÁLISE RADIOMÉTRICA

As datações radiométricas foram realizadas pelo autor no Centro de Pesquisas Geocronológicas da Universidade de São Paulo, utilizando-se dos métodos Rubídio-Estrôncio em rocha total, e Potássio-Argônio em minerais separados.

A partir de várias amostras representativas das litologias do *Complexo Granítico de São Sepé*, foram selecionadas, pela análise de fluorescência de raios X, um total de dezessete amostras. Cinco outras de granitos sub-alcalinos equigranulares, pertencentes aos maciços de Lavras do Sul e Jaguari, também foram escolhidas para o emprego desse método, aqui utilizado com os pormenores técnicos descritos nos trabalhos de KAWASHITA, 1972, e TORQUATO, 1974.

As análises quantitativas de Rb total e Sr total, foram obtidas por fluorescência de raios X. Para as amostras que acusaram teores de Sr total inferiores a 50 ppm, foi aplicado o método da diluição isotópica, descrito por KAWASHITA, 1972.

Nos laboratórios do referido Centro, para os valores de Rb^{87}/Sr^{86} , calculados a partir das determinações de Rb total e Sr total por fluorescência de raios X, o erro analítico médio é estimado em 2,5%. No caso destes valores serem provenientes do Rb total calculado por fluorescência de raios X e do Sr total por diluição isotópica, o erro analítico pode ser estimado em 2,0%.

A obtenção das razões isotópicas teve lugar num espectrômetro marca *Varian-Mat*, modelo TH-5.

As relações Sr^{87}/Sr^{86} corrigidas e Sr^{86}/Sr^{88} do padrão *ELMER & AMEND*, no conjunto de dezesseis análises executadas no mesmo período, apresentaram valores médios de $0,7084 \pm 0,0006$ e $0,1198 \pm 0,0003$, respectivamente. As razões Sr^{87}/Sr^{86} nas amostras foram normalizadas para $Sr^{86}/Sr^{88} = 0,1194$.

Constantes empregadas nos cálculos:

$$\lambda_{Rb^{87}} = 1,47 \times 10^{-11} \text{ anos}^{-1}$$

$$Rb^{85}/Rb^{87} = 2,59$$

$$Sr^{86}/Sr^{88} = 0,1194$$

Os resultados obtidos fazem parte da Tabela 20.

As datações K-Ar foram obtidas em plagioclásios de duas amostras do Complexo Básico-Ultrabásico das Pedras Pretas e de outra de um dique andesítico. A descrição das técnicas utilizadas, pode ser encontrada em AMARAL *et al.*, 1966.

O teor de potássio foi determinado por fotometria de chama com padrão interno de lítio e o erro percentual médio foi estimado em 1,25%.

As análises de argônio foram conseguidas por diluição isotópica num espectrômetro de massa tipo *Reynolds*, adicionando-se durante a fusão uma alíquota de Ar^{38} puro.

Constantes empregadas nos cálculos:

$$\lambda_{\beta} = 0,530 \times 10^{-9} \text{ anos}^{-1}$$

$$\lambda_{\epsilon} = 0,585 \times 10^{-10} \text{ anos}^{-1}$$

$$\% \text{ atom. de } \text{K}^{40} \text{ em } \text{K}^{\text{tot.}} = 0,0119$$

Os resultados analíticos encontram-se na Tabela 1.

MICROSSONDA ELETRÔNICA

Os dados analíticos referentes a composição de feldspatos, biotitas, anfibólios e granadas, foram obtidos pelo autor, no Laboratório de Microsonda Eletrônica do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, com o auxílio de um equipamento de fabricação *Applied Research Laboratories*, modelo *EMX-SM*, contendo três espectrômetros dispersivos e três pares de cristais (LiF/ADP, LiF/ADP e LiF/RAP). O registro dos dados analíticos efetuou-se junto à teletipo, acoplada ao equipamento. As correções para os fatores de flutuação (*drift*) e radiação de fundo (*background*), processaram-se através do programa *SLAVE*, enquanto que para os demais (número atômico, fluorescência secundária e absorção atômica) realizaram-se com o programa *BETA*. Estes programas de computação, em linguagem *FORTRAN IV*, são de uso interno do referido

laboratório. Para a eliminação do fator tempo morto (*dead time*), as contagens mantiveram-se abaixo do limite de 5.000/segundo.

O número total de secções delgadas analisadas foi de 36, tendo sido cobertas com carbono por meio de um metalizador de fabricação JEOL, modelo JEE 4E, existente no Laboratório de Microsonda do Instituto de Pesquisas Tecnológicas da Universidade de São Paulo.

Na precisão dos resultados obtidos, o erro percentual analítico foi estimado em torno de 3% para os elementos mais abundantes e ao redor de 5% àqueles em pequena quantidade.

As determinações da composição química dos feldspatos existentes nas amostras, com base na análise dos teores de K_2O , Na_2O e CaO , foram expressas em função da porcentagem em peso dos componentes: ortoclásio, albita e anortita.

Condições de instrumentação: corrente de amostra 0,03 - 0,04 μ A, potencial de aceleração 15kV, tempo de integração nos contadores 10" e diâmetro aproximado do feixe eletrônico 15-20 μ . Padrões de minerais utilizados: ortoclásio (*Or#1*), albita (*Tiburón*), andesina (*AC-362*) e labradorita (*Lake View*).

Na análise de biotitas, anfibólios e granadas não se constatou zoneamento composicional.

Condições de operação: corrente de amostra 0,03 - 0,04 μ A, potencial de aceleração 15kV, tempo de integração nos contadores 20" e diâmetro do feixe eletrônico 1 - 3 μ . Minerais empregados como padrões: biotita ($\neq 1$), biotita ($\neq 3$), hornblenda (*Kakanui*), hornblenda (*Arenal*), granada ($\neq 12442$) e Y-spessartita.

Os resultados analíticos correspondem à média aritmética de cerca de quinze a vinte determinações em cristais diferentes, da mesma espécie mineralógica, para cada amostra

de rocha. As fórmulas químicas dos anfibólios, foram calculadas na base de 23 oxigênios e das biotitas, considerando-se o oxigênio como único ânion, na base de 22 oxigênios; para as granadas, utilizou-se a base de 24 oxigênios. Composições e fórmulas químicas são apresentadas, respectivamente, nas Tabelas 3, 4, 5, 6, 7, 12, 13 e 14 e Figuras 5, 6, 8, 15, 16, 17 e 18.

PLATINA UNIVERSAL

A determinação da composição de alguns plagioclásios, por meios ópticos, foi realizada em cristais geminados com uma platina universal de quatro eixos, utilizando-se uma série de estereogramas e gráficos apresentados por BURRI *et al.*, 1967; SLEMMONS, 1962; KAADEN, 1951 e TERTSCH, 1942, com o objetivo de comparar os resultados obtidos por métodos diferentes e assim chegar a uma composição média dentro de critérios estatísticos, pois a forma e a posição das curvas nos diagramas dependem, fundamentalmente, da composição e do estado estrutural do plagioclásio. Assim sendo, em determinadas situações, alguns gráficos tornam-se mais favoráveis que outros, permitindo a seleção de valores mais precisos.

Na verificação do tipo de macla e da composição do mineral, utilizou-se:

1 - a projeção estereográfica $\perp n_{\beta}$, mostrando a migração dos polos dos eixos de hemitropia, paralelos e complexos, em relação ao elipsóide dos índices;

2 - a projeção estereográfica $\perp n_{\beta}$, mostrando a migração dos polos dos planos cristalográficos, em relação ao elipsóide dos índices;

3 - os diagramas dos ângulos de Köhler, entre as direções ópticas correspondentes dos indivíduos geminados ($n_{\alpha} \wedge n_{\alpha}'$; $n_{\beta} \wedge n_{\beta}'$; $n_{\gamma} \wedge n_{\gamma}'$).

4 - os diagramas dos ângulos de FEDOROW, entre n_α , n_β e o eixo de macla (T.A.).

Paralelamente, a determinação do estado estrutural dos plagioclásios foi obtida com o auxílio da projeção estereográfica $\perp n_\beta$ e dos ângulos de FEDOROW (Diagramas de SLEMONS). Os resultados obtidos encontram-se reunidos nas Tabelas 2 e 6.

COLORAÇÃO DOS FELDSPATOS POTÁSSICOS

Durante a confecção das lâminas delgadas de amostras de rochas, empregou-se a técnica da coloração por meio do cobalto nitrito de sódio, visando destacar a presença do feldspato potássico e facilitar as análises modais.

Embora o método seja conhecido (CHAYES, 1952; BAILEY e STEVENS, 1960; PENALVA e HENNIES, 1971; etc.) seu emprego somente torna-se possível após vários testes que possibilitem, na prática, uma boa coloração desse mineral. Assim sendo, achamos interessante expor o procedimento adotado, de forma sucinta e enfatizando passos de rotina, para que possa ser facilmente reproduzido.

Tendo em vista que a preparação da solução de cobalto nitrito de sódio deve ser feita na hora, um volume de 100 ml é o suficiente para a coloração de um conjunto de 20 a 50 lâminas.

MÉTODO

- 1 - dissolver 18 gramas de nitrito de sódio numa quantidade de água destilada até perfazer 50 ml;
- 2 - dissolver 5 gramas de nitrato de cobalto em 5 ml de ácido acético, acrescentando água destilada

da até completar 50 ml;

- 3 - juntar as duas soluções, agitando com um bastão de vidro, para a obtenção de 100 ml de uma solução de cobalto de nitrito de sódio;
- 4 - após a confecção da lâmina delgada, submeter a secção de rocha aos vapores de ácido fluorídrico (40%) durante 30 segundos;
- 5 - emergir a lâmina na solução de cobalto de nitrito de sódio, durante 30 segundos;
- 6 - lavar a lâmina sob um jato de água corrente e deixar secar ao natural.

Quando a coloração resultar muito pálida, sugere-se:

- 7 - repetir o item 4, durante um tempo de 50 segundos;
- 8 - repetir o item 5, durante um tempo de 50 segundos;
- 9 - lavar bem a lâmina sob um jato de água corrente e deixar secar ao natural;
- 10 - cobrir a secção com uma lamínula.

DIFRAÇÃO DE RAIOS X

Algumas análises por difração de raios X foram realizadas para a determinação da triclinicidade dos feldspatos alcalinos presentes nos granitos. Os cristais foram extraídos das rochas com o auxílio de um martelo e selecionados através de uma lupa binocular.

Os difratogramas foram obtidos a partir da radiação K-alfa do cobre, no intervalo 29° - 31° a $1/8^{\circ}$ e 2θ por minuto (HUTCHISON, 1974), para a identificação dos picos 131 e $1\bar{3}1$. Após a conversão dos ângulos 2θ em distâncias interplanares, tem-se o valor da triclinicidade segundo a equação $\Delta = 12,5 (d_{131} - d_{1\bar{3}1})$ apresentada por GOLDSMITH e LAVES, 1954.

Para SMITH, 1974, o termo triclinicidade deve ser referido como "*indicador triclinico 131*". Os resultados obtidos compõem a Figura 19.

FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X

Empregando a técnica da fluorescência de raios X, foram efetivadas 298 análises em rocha total, de amostras do Complexo Granítico de São Sepê, com o objetivo de se verificar a concentração e distribuição de alguns elementos principais e traços.

Condições analíticas empregadas:

Óxidos e Elementos	Limite de Detecção	Raia	Tubo	Cristal
K ₂ O	0,20 %	K _α	Mo	EDDT
CaO	0,10 %	K _α	Mo	EDDT
Fe ₂ O ₃	0,002%	K _α	W	LiF
MnO	0,001%	K _α	W	LiF
TiO ₂	0,02 %	K _α	W	LiF
Rb	2 ppm	K _α	Mo	LiF
Sr	2 ppm	K _α	Mo	LiF
Ba	20 ppm	K _α	W	LiF
Y	10 ppm	K _α	W	LiF
Zr	20 ppm	K _α	W	LiF
Nb	5 ppm	K _α	W	LiF
Ni	3 ppm	K _α	W	LiF
Cu	3 ppm	K _α	W	LiF
Zn	5 ppm	K _α	W	LiF
Pb	10 ppm	K _α	W	LiF

Os elementos principais, expressos na forma dos respectivos óxidos foram: K₂O, CaO, MnO e Fe₂O₃ (como Fe-total).

Para os elementos traços, registrou-se os teores em ppm de Rb, Sr, Ba, Y, Zr, Nb, Ni, Cu, Zn e Pb.

As análises foram conduzidas num espectrôgrafo disponível nos laboratórios do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, utilizando-se o padrão *GPS-1* do Serviço Geológico dos Estados Unidos (FLANAGAN, 1973). Os resultados analíticos encontram-se listados nos Apêndices 2, 3, 4 e 5.

ANÁLISE QUÍMICA EM ROCHA TOTAL

A partir de doze amostras de rochas, correspondendo às principais litologias que fazem parte do Complexo Granítico de São Sepê, foram executadas análises químicas de elementos principais, tendo sido nove realizadas pela Sra. Maria Inês Moreira de Souza no Laboratório de Técnicas Físico-Químicas Aplicadas à Mineralogia e Petrologia, da Junta de Investigação do Ultramar, em Lisboa, e as outras três efetivadas pelo Prof. Carlos Bürguer Júnior, no Laboratório de Análises de Minerais e Rochas do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em Porto Alegre.

Em ambos os casos, o método analítico obedeceu às técnicas tradicionais, por via úmida, na verificação das concentrações de SiO_2 (ponderal); Al_2O_3 , CaO , MgO (complexometria); FeO (volumetria); Fe_2O_3 , TiO_2 , P_2O_5 , MnO (espectrofotometria); Na_2O , K_2O (fotometria de chama) e H_2O (ponderal). Os resultados analíticos fazem parte das Tabelas 16 e 17.

Com esses dados, a composição normativa das rochas e outros cálculos litoquímicos foram conduzidos pelo autor, utilizando um computador eletrônico *IBM 360/40* existente no Núcleo de Processamento de Dados da Universidade Federal de Santa Maria. Os resultados desses cálculos encontram-se reunidos nas Tabelas 16 e 17.

APÊNDICE 2

PORCENTAGEM EM PESO DE ALGUNS DOS ELEMENTOS PRINCIPAIS DOSA-
DOS EM AMOSTRAS DE ROCHAS GRANÍTIAS DA PARTE CENTRO-NORTE E
CENTRO-SUL(*) DO COMPLEXO DE SÃO SEPÊ, RS

Amostra	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃ **	MnO	TiO ₂
35	4,43	1,38	3,18	0,056	0,42
38	4,15	1,40	3,27	0,052	0,44
* 58	4,22	1,91	3,92	0,064	0,52
* 61	4,25	1,41	3,06	0,050	0,39
* 65	3,87	1,42	3,13	0,056	0,40
* 66	4,22	1,40	2,59	0,068	0,30
* 67	4,03	1,44	3,11	0,056	0,48
* 97	4,13	1,45	3,07	0,052	0,38
* 98	3,95	1,92	2,20	0,037	0,32
* 128	3,78	1,59	2,33	0,038	0,29
130	4,21	0,69	2,55	0,031	0,26
131	4,37	0,69	2,71	0,052	0,24
134	4,30	1,16	2,20	0,042	0,23
135	4,47	1,18	3,17	0,067	0,40
136	4,09	1,37	3,12	0,052	0,42
248	4,19	1,40	3,27	0,066	0,43
* 251	4,14	1,64	3,08	0,051	0,45
253	3,92	1,58	3,11	0,044	0,43
255	4,20	1,47	3,10	0,051	0,44
257	4,16	1,30	2,77	0,044	0,36
* 283	3,70	1,62	2,79	0,041	0,40
* 347	4,02	1,33	3,02	0,053	0,38
* 348	4,05	1,77	3,52	0,058	0,44
* 349	4,24	1,72	3,42	0,057	0,47
* 373	3,92	1,42	2,92	0,042	0,40
* 376	3,90	1,69	2,13	0,033	0,30
* 393	4,18	1,23	3,17	0,051	0,43
* 394	4,00	1,20	3,07	0,075	0,40
* 395	4,35	1,43	3,11	0,055	0,41
* 397	3,91	1,48	2,88	0,052	0,42
* 400	3,92	1,47	2,96	0,054	0,38
* 401	4,06	1,43	2,19	0,033	0,27

Apêndice 2 (continuação)

Amostra	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃ **	MnO	TiO ₂
* 402	3,82	1,54	2,20	0,035	0,31
* 403	4,05	1,41	3,05	0,050	0,39
* 404	3,56	1,59	2,19	0,035	0,31
* 410	4,13	1,42	3,62	0,060	0,48
* 411	3,94	1,31	2,25	0,046	0,28
* 412	4,59	1,36	3,08	0,053	0,44
* 422	4,26	1,65	3,81	0,066	0,49
* 424	3,96	1,29	3,23	0,055	0,38
429	3,98	1,47	3,46	0,062	0,47
430	4,00	1,30	3,42	0,052	0,40
431	3,82	1,27	2,99	0,062	0,41
* 432	4,67	0,84	2,57	0,037	0,38
442	4,25	1,25	3,02	0,045	0,40
443	4,17	1,34	2,99	0,048	0,41
444	3,88	1,24	3,34	0,074	0,41
451	4,52	1,15	2,17	0,040	0,25
452	4,03	1,22	3,17	0,060	0,41
453	4,15	1,29	3,30	0,052	0,43
454	3,96	1,20	2,18	0,039	0,25
455	3,88	1,56	3,36	0,053	0,45
456	3,76	1,24	2,46	0,064	0,25
457	4,06	0,89	2,24	0,032	0,23
458	4,42	0,76	2,51	0,040	0,26
459	4,10	0,72	2,50	0,044	0,31
461	4,28	0,95	3,60	0,086	0,48
462	4,51	1,43	2,94	0,048	0,40
466	4,13	1,27	3,12	0,057	0,42
* 491	3,96	1,27	3,01	0,050	0,43

** Fe₂O₃ = Fe total

Nº de amostras	Média Aritmética				
	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	MnO	TiO ₂
29	4,15	1,21	2,94	0,052	0,37
(*) 31	4,06	1,47	2,92	0,050	0,39

APÊNDICE 3

PORCENTAGEM EM PESO DE ALGUNS DOS ELEMENTOS PRINCIPAIS DOSA-
DOS EM AMOSTRAS DO GRANITO PERIFÉRICO E DE MICROGRANITOS DE
INTRUSÕES MENORES(*) DO COMPLEXO DE SÃO SEPÊ, RS

Amostra	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃ **	MnO	TiO ₂
1	4,04	0,32	1,59	0,018	0,13
* 2	3,78	0,15	1,60	0,007	0,10
4	4,46	0,53	1,18	0,030	0,12
5	4,24	0,42	1,06	0,011	0,11
6	4,09	0,62	1,37	0,023	0,16
* 7	4,27	0,12	1,12	0,006	0,10
* 9	4,65	0,11	1,61	0,003	0,07
*10	4,57	0,10	1,73	0,006	0,09
*15	4,03	0,30	1,27	0,009	0,10
*16	4,19	0,38	1,50	0,014	0,10
*17	4,52	0,42	1,33	0,012	0,09
18	4,22	0,54	1,58	0,023	0,18
19	4,02	0,29	1,64	0,014	0,14
20	4,33	0,52	1,66	0,030	0,16
21	4,15	0,46	1,59	0,014	0,12
22	4,53	0,36	1,56	0,015	0,13
23	4,43	0,14	1,08	0,007	0,11
24	4,85	0,21	1,24	0,005	0,13
*26	4,20	0,25	1,30	0,020	0,10
*27	3,98	0,23	1,23	0,017	0,06
28	4,85	0,41	1,20	0,004	0,17
29	4,80	0,47	1,46	0,016	0,16
30	4,62	0,65	1,72	0,025	0,22
31	4,96	0,75	1,85	0,030	0,22
33	5,07	0,43	2,42	0,028	0,24
34	3,96	0,91	2,21	0,039	0,29
36	4,81	0,83	1,52	0,028	0,21
37	4,57	0,46	1,10	0,010	0,13
39	4,24	0,79	1,70	0,029	0,21
42	4,92	0,57	1,41	0,023	0,17
*43	4,25	0,10	1,17	0,006	0,10
45	5,03	0,38	1,26	0,016	0,15

Apêndice 3 (continuação)

Amostra	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃ **	MnO	TiO ₂
46	4,18	0,48	1,80	0,037	0,18
*47	4,64	0,17	1,51	0,007	0,08
48	4,37	0,40	1,51	0,024	0,20
50	4,56	0,73	1,89	0,030	0,21
54	5,27	0,61	1,27	0,021	0,18
64	5,01	0,63	1,70	0,018	0,22
72	4,36	0,19	1,60	0,019	0,12
*74	4,83	0,39	1,53	0,007	0,08
*75	4,52	0,40	1,64	0,017	0,08
76	4,06	0,40	1,26	0,014	0,13
77	4,19	0,31	0,82	0,015	0,15
78	4,21	0,61	1,56	0,021	0,14
80	4,40	0,31	1,22	0,006	0,09
81	4,82	0,38	1,74	0,019	0,17
82	4,73	0,46	1,14	0,014	0,13
83	4,63	0,57	2,32	0,030	0,26
84	4,68	1,02	2,86	0,058	0,33
85	4,14	0,37	1,04	0,010	0,13
89	4,65	0,43	1,13	0,006	0,11
91	4,63	0,23	0,87	0,016	0,10
*92	4,68	0,30	1,27	0,014	0,07
96	4,05	0,29	1,59	0,016	0,16
*99	4,86	0,26	1,23	0,012	0,08
100	4,25	0,92	2,31	0,062	0,20
101	4,41	0,39	1,60	0,020	0,16
103	5,02	0,25	1,71	0,008	0,17
104	4,69	0,90	2,42	0,072	0,30
*119	4,40	0,45	1,29	0,016	0,11
*120	4,18	0,51	1,57	0,016	0,11
*121	4,76	0,40	1,61	0,027	0,12
*129	4,51	0,12	1,69	0,009	0,07
132	4,52	0,59	1,27	0,021	0,15
133	4,47	0,64	1,57	0,022	0,15
209	4,21	0,65	1,46	0,028	0,17
210	4,33	0,52	1,40	0,024	0,13

Apêndice 3 (continuação)

-183-

Amostra	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃ **	MnO	TiO ₂
220	4,38	0,45	1,44	0,015	0,16
241	4,17	0,35	0,30	0,002	0,13
250	4,32	0,55	1,44	0,020	0,19
256	4,43	0,90	1,62	0,038	0,27
258	4,36	0,59	1,34	0,013	0,17
259	4,10	0,67	1,59	0,036	0,15
260	4,69	0,65	1,80	0,041	0,17
265	4,59	0,60	1,69	0,036	0,19
268	4,66	0,52	1,63	0,023	0,16
275	4,60	0,39	1,38	0,019	0,11
276	4,55	0,21	1,34	0,008	0,12
277	4,40	0,63	1,63	0,036	0,14
278	4,93	0,31	1,13	0,008	0,15
280	4,37	0,44	1,12	0,012	0,14
300	4,79	0,63	1,63	0,025	0,19
301	3,93	0,56	2,83	0,030	0,31
302	5,05	0,74	2,37	0,035	0,30
303	4,31	0,70	2,30	0,031	0,33
304	4,12	0,42	1,74	0,021	0,26
305	4,66	0,41	1,57	0,012	0,22
306	5,01	0,72	1,82	0,027	0,24
307	4,35	0,63	1,65	0,024	0,20
308	4,41	0,76	2,30	0,037	0,22
309	4,29	0,63	1,74	0,028	0,23
310	4,57	0,39	1,21	0,013	0,15
311	4,76	0,41	1,45	0,019	0,17
312	4,24	0,38	1,28	0,018	0,14
313	3,99	0,45	1,31	0,017	0,15
314	5,01	0,24	2,24	0,028	0,21
315	4,37	0,52	1,38	0,011	0,18
316	5,00	0,66	1,84	0,028	0,24
317	4,70	0,58	1,58	0,028	0,21
318	4,45	0,54	1,14	0,018	0,14
*320	4,11	0,45	1,37	0,022	0,13
*321	4,42	0,27	1,15	0,015	0,09
322	4,22	0,47	1,05	0,020	0,12

Apêndice 3 (continuação)

-184-

Amostra	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃ **	MnO	TiO ₂
323	4,14	0,37	1,11	0,010	0,09
324	4,58	0,33	2,25	0,008	0,10
325	4,03	0,58	1,57	0,036	0,15
326	4,08	0,51	1,44	0,023	0,14
327	4,03	0,58	1,48	0,030	0,13
328	4,13	0,51	1,21	0,027	0,12
330	4,48	0,54	1,50	0,030	0,15
331	4,49	0,52	1,47	0,022	0,12
332	4,24	0,52	1,48	0,019	0,14
333	4,54	0,41	1,62	0,010	0,13
334	4,20	0,62	1,62	0,035	0,15
335	4,21	0,30	1,41	0,013	0,14
336	4,19	0,66	1,93	0,026	0,16
337	4,39	0,31	1,86	0,022	0,13
338	4,10	0,41	1,60	0,015	0,14
339	4,21	0,61	1,53	0,038	0,16
340	4,07	0,22	1,55	0,007	0,14
*341	4,19	0,42	1,13	0,020	0,09
*342	4,33	0,20	1,56	0,006	0,09
343	4,42	0,57	1,61	0,031	0,17
344	4,90	0,67	1,60	0,024	0,21
345	4,86	0,64	1,33	0,019	0,21
346	4,40	0,82	1,94	0,030	0,23
350	4,29	0,68	1,75	0,033	0,20
351	4,04	0,84	2,00	0,029	0,27
352	5,07	0,79	1,95	0,042	0,22
355	4,21	0,56	1,78	0,028	0,15
*356	4,15	0,37	1,32	0,025	0,09
*357	4,17	0,39	1,39	0,011	0,11
*358	4,22	0,37	1,41	0,006	0,09
*359	4,45	0,31	1,68	0,014	0,08
360	4,10	0,21	1,34	0,007	0,11
361	4,22	0,32	1,37	0,014	0,13
363	4,10	0,41	1,48	0,018	0,14
364	3,96	0,42	1,37	0,031	0,12
365	4,28	0,76	1,92	0,053	0,20

Apêndice 3 (continuação)

-185-

Amostra	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃ **	MnO	TiO ₂
366	4,57	0,59	1,78	0,035	0,18
367	3,99	0,53	1,28	0,016	0,11
*368	4,17	0,27	0,94	0,006	0,10
369	3,30	0,83	2,70	0,075	0,37
370	4,33	0,42	1,17	0,015	0,13
371	4,16	0,69	1,57	0,014	0,20
372	4,33	0,36	1,64	0,017	0,22
374	4,29	0,48	1,60	0,018	0,20
375	3,94	0,80	1,88	0,037	0,23
377	4,82	0,59	1,40	0,018	0,19
378	4,08	0,64	1,48	0,032	0,18
380	4,30	0,54	1,53	0,015	0,15
381	4,53	0,43	1,18	0,016	0,13
*382	4,42	0,22	0,99	0,003	0,10
383	4,51	0,80	2,32	0,030	0,27
385	4,98	0,54	1,73	0,015	0,18
386	3,88	0,67	1,56	0,026	0,23
387	3,67	0,49	1,74	0,006	0,15
388	4,13	0,31	1,52	0,007	0,13
389	4,20	0,60	1,75	0,017	0,16
390	4,17	0,55	1,67	0,022	0,17
391	4,31	0,41	1,51	0,016	0,19
392	5,05	0,44	1,39	0,013	0,18
396	5,28	0,54	1,65	0,018	0,23
398	4,38	0,48	1,84	0,023	0,28
405	4,41	0,45	1,44	0,018	0,14
406	3,90	0,20	1,24	0,003	0,11
407	4,13	0,35	1,65	0,007	0,13
408	4,27	0,48	0,98	0,007	0,10
409	4,28	0,67	1,57	0,023	0,15
413	4,13	0,50	1,45	0,025	0,19
414	4,10	0,50	1,42	0,016	0,14
415	4,00	0,41	1,39	0,007	0,13
*419	3,99	0,45	1,27	0,007	0,10
420	4,21	0,37	1,08	0,029	0,13
421	4,12	0,51	1,35	0,017	0,15

Apêndice 3 (continuação)

-186-

Amostra	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃ **	MnO	TiO ₂
423	4,16	0,33	1,38	0,018	0,11
425	4,31	0,43	1,44	0,014	0,13
426	3,65	0,47	1,44	0,016	0,15
427	4,20	0,43	1,29	0,007	0,14
433	4,76	0,61	2,01	0,023	0,28
434	4,44	0,48	1,96	0,026	0,28
435	3,86	0,33	1,56	0,007	0,14
436	4,37	0,35	1,30	0,019	0,12
437	4,11	0,69	1,97	0,027	0,17
438	4,53	0,61	1,57	0,019	0,25
439	4,47	0,66	1,38	0,021	0,21
440	4,23	0,54	1,46	0,019	0,16
441	4,24	0,42	1,61	0,020	0,15
445	4,32	0,43	1,45	0,007	0,14
*446	4,34	0,15	1,45	0,006	0,09
447	4,20	0,56	1,39	0,029	0,15
448	4,98	0,58	1,45	0,028	0,17
449	4,24	0,56	1,41	0,019	0,15
450	4,03	0,57	1,76	0,021	0,22
460	4,24	0,56	1,63	0,017	0,16
463	5,31	0,64	2,05	0,027	0,27
464	3,72	0,69	2,54	0,039	0,33
465	4,16	0,78	1,81	0,039	0,21
467	4,33	0,51	1,33	0,028	0,14
468	4,65	0,65	1,67	0,031	0,18
469	4,44	0,32	1,40	0,020	0,12
470	4,93	0,47	1,54	0,018	0,16
471	4,56	0,63	1,88	0,044	0,24
472	3,91	0,56	1,64	0,044	0,14
473	4,12	0,63	1,47	0,030	0,14
474	4,04	0,34	1,47	0,013	0,16
475	4,31	0,10	0,97	0,001	0,14
476	4,73	0,39	1,76	0,017	0,21
478	4,14	0,65	1,73	0,017	0,25
479	4,81	0,36	1,50	0,010	0,18

Apêndice 3 (continuação)

Amostra	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃ **	MnO	TiO ₂
480	4,83	0,96	1,50	0,022	0,18
481	4,84	0,51	1,62	0,025	0,21
482	4,32	0,25	1,19	0,002	0,10
483	5,14	0,42	1,88	0,013	0,25
484	5,12	0,42	1,91	0,014	0,23
485	4,34	0,97	1,67	0,023	0,21
486	4,95	0,72	2,02	0,031	0,23
487	5,22	0,66	1,15	0,011	0,17
488	4,87	0,54	2,12	0,022	0,24
489	4,41	0,51	1,81	0,014	0,27
490	4,93	0,44	1,71	0,018	0,24
*502	4,30	0,27	1,22	0,007	0,10
503	4,26	0,72	1,72	0,026	0,22
504	4,25	0,57	1,87	0,026	0,23
505	4,63	0,51	1,60	0,018	0,21
*506	4,24	0,16	0,86	0,011	0,10
*507	4,08	0,18	1,85	0,007	0,10
508	4,17	0,31	1,66	0,014	0,16
509	4,25	0,23	1,41	0,010	0,12
510	4,46	0,29	1,29	0,010	0,15
511	4,59	0,40	1,37	0,010	0,13
512	4,09	0,54	1,73	0,024	0,18
513	4,39	0,59	1,60	0,024	0,19
514	4,42	0,36	1,04	0,012	0,11
515	4,33	0,22	1,64	0,016	0,15
516	3,86	0,55	1,67	0,030	0,14
517	4,53	0,69	1,82	0,025	0,20
518	5,17	0,60	1,37	0,019	0,18

** Fe₂O₃ = Fe total

Nº de amostras	Média Aritmética				
	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	MnO	TiO ₂
204	4,39	0,52	1,58	0,022	0,17
(*)34	4,34	0,28	1,36	0,011	0,09

APÊNDICE 4

TEORES EM PPM DE ALGUNS ELEMENTOS TRAÇOS DOSADOS EM AMOSTRAS DE ROCHAS GRANÍTICAS DA PARTE CENTRO-NORTE E CENTRO-SUL (*) DO COMPLEXO DE SÃO SEPÊ, RS, E RAZÕES K/Rb E Rb/Sr

Amostra	Rb	Sr	Ba	Y	Zr	Nb	Ni	Cu	Zn	Pb	K/Rb	Rb/Sr
35	153,1	154,5	500	45	205	35	8	<3	35	24	240	0,99
38	139,4	181,9	540	43	200	33	8	7	40	27	247	0,77
*58	142,3	218,4	625	36	240	65	7	3	40	27	246	0,65
*61	157,0	155,3	420	37	255	45	5	<3	40	31	224	1,01
*65	145,4	191,9	550	37	193	47	7	4	40	20	221	0,76
*66	94,4	226,5	990	31	240	22	8	10	45	27	384	0,42
*67	140,7	182,2	535	51	195	48	8	5	50	29	238	0,77
*97	129,8	176,7	570	32	220	40	6	<3	30	28	264	0,73
*98	79,4	252,0	980	21	160	40	9	<3	33	32	413	0,32
*128	78,3	256,4	920	20	165	48	7	<3	30	28	398	0,31
130	138,7	169,3	565	37	170	45	10	11	32	35	252	0,82
131	127,5	183,6	740	45	130	40	9	-	35	30	284	0,69
134	136,5	182,9	650	41	170	45	7	4	35	35	261	0,75
135	151,0	179,7	620	36	190	73	6	<3	35	31	246	0,88
136	138,6	188,6	540	39	165	48	8	<3	32	32	180	0,73
248	141,9	168,4	565	40	185	55	7	7	40	30	245	0,84
*251	134,5	218,8	690	38	180	50	9	5	41	28	255	0,61
253	138,0	174,8	600	35	200	52	7	5	44	26	236	0,80
255	163,4	175,1	590	44	165	45	9	5	39	33	213	0,93
257	154,5	154,7	473	44	153	48	7	5	30	24	223	1,00
*283	139,8	191,4	545	44	175	43	7	<3	30	32	220	0,73
*347	143,8	185,9	555	55	135	43	8	6	35	25	232	0,77
*348	151,1	181,1	610	44	225	48	8	5	40	20	222	0,83
*349	148,0	178,9	620	54	225	49	8	7	40	23	238	0,83
*373	156,9	169,9	590	54	185	37	8	4	35	30	209	0,92
*376	85,3	243,8	850	25	195	58	6	3	30	18	380	0,35
*393	142,7	177,8	665	48	195	43	9	<3	45	28	243	0,80
*394	131,2	162,4	480	53	210	52	12	7	52	28	253	0,81
*395	141,7	200,8	640	37	215	40	8	4	40	20	255	0,70
*397	152,5	190,3	580	46	200	45	9	3	33	36	213	0,80
*400	115,0	175,5	610	35	280	52	8	3	32	28	283	0,66
*401	82,8	253,2	990	20	160	38	8	3	29	33	407	0,33

Apêndice 4 (continuação)

Amostra	Rb	Sr	Ba	Y	Zr	Nb	Ni	Cu	Zn	Pb	K/Rb	Rb/Sr
*402	78,7	251,4	938	28	168	56	6	-	26	28	403	0,32
*403	94,8	193,0	620	37	250	46	6	3	40	36	355	0,49
*404	77,1	250,9	999	25	175	45	7	<3	32	30	383	0,31
*410	156,2	173,8	615	44	250	47	7	3	40	27	219	0,89
*411	91,5	230,8	780	28	170	99	7	-	30	18	357	0,40
*412	156,3	151,2	685	46	195	43	6	5	38	22	244	1,03
*422	148,6	214,4	850	45	250	53	9	<3	36	13	238	0,69
*424	144,9	191,2	745	42	230	77	7	3	32	26	227	0,76
429	150,2	163,0	455	45	250	50	6	<3	45	22	220	0,92
430	155,0	167,2	560	59	225	48	8	9	45	30	214	0,93
431	163,8	164,0	550	49	205	40	6	5	34	36	194	1,00
*432	179,1	103,6	300	33	205	45	6	3	32	28	216	1,73
442	142,7	153,8	440	38	175	60	7	3	35	30	247	0,93
443	148,9	160,2	470	42	193	52	7	<3	37	28	233	0,93
444	143,0	148,9	493	45	220	51	7	3	43	25	226	0,96
451	135,1	184,2	550	35	160	57	8	<3	29	24	265	0,73
452	143,3	161,0	510	57	200	41	7	3	45	16	234	0,89
453	158,0	159,6	530	45	210	40	9	7	38	25	218	0,99
454	131,3	180,9	500	39	160	67	5	<3	28	38	250	0,73
455	145,8	156,4	365	53	195	48	7	7	43	21	221	0,93
456	142,4	200,0	580	47	160	50	7	<3	35	18	220	0,71
457	148,9	167,4	680	35	185	43	8	3	33	22	226	0,89
458	170,0	162,2	555	42	170	55	8	<3	34	23	216	1,05
459	183,0	138,5	470	52	215	60	5	3	45	26	186	1,32
461	148,0	132,8	555	64	350	58	8	5	48	25	241	1,11
462	148,1	208,2	630	40	188	48	8	<3	31	24	253	0,71
466	161,8	162,3	550	41	190	45	8	5	26	24	212	1,00
*491	138,9	193,1	715	42	180	48	8	4	43	37	237	0,72

Média aritmética

Nº de amostras	Rb	Sr	Ba	Y	Zr	Nb	Ni	Cu	Zn	Pb
29	148,3	168,4	546	44	193	49	7	<4	37	27
(*)31	127,7	198,1	686	38	204	49	8	<4	37	27

APÊNDICE 5

TEORES EM PPM DE ALGUNS ELEMENTOS TRAÇOS DOSADOS EM AMOSTRAS DO GRANITO PERIFÉRICO E DE MICROGRANITOS DE INTRUSÕES MENORES (*) DO COMPLEXO DE SÃO SEPE, RS, E RAZÕES K/Rb E Rb/Sr

Amostra	Rb	Sr	Ba	Y	Zr	Nb	Ni	Cu	Zn	Pb	K/Rb	Rb/Sr
1	192,6	24,4	50	58	130	67	7	-	25	34	174	7,89
* 2	254,8	7,0	<20	68	245	63	4	3	10	40	123	36,40
4	202,4	21,6	90	67	100	76	5	7	85	67	183	9,37
5	206,1	28,5	60	44	85	66	5	-	23	50	171	7,23
6	185,7	35,7	120	63	110	76	6	4	30	31	183	5,20
* 7	259,0	8,7	<20	66	90	82	6	<3	12	33	137	29,47
* 9	229,5	7,5	45	78	65	70	9	<3	14	26	168	30,60
*10	249,4	8,7	20	74	75	88	6	<3	11	61	152	28,70
*15	232,4	11,8	<20	57	80	64	7	<3	16	32	144	19,70
*16	226,3	5,6	<20	79	75	73	8	<3	25	33	154	40,41
*17	285,4	3,6	<20	143	95	68	6	3	20	35	131	79,28
18	180,9	55,7	160	67	185	79	7	<3	48	33	194	3,25
19	171,0	41,2	125	59	125	53	6	3	36	30	195	4,15
20	166,4	44,4	180	58	150	60	3	-	35	23	216	3,75
21	213,3	17,8	<20	77	125	78	6	<3	31	30	162	11,98
22	255,0	16,8	85	112	140	90	9	8	40	18	147	15,18
23	262,3	15,9	85	127	130	74	7	3	22	26	140	16,49
24	216,4	16,6	80	77	105	70	7	-	19	37	186	13,04
*26	260,9	7,2	30	54	120	90	7	<3	22	40	134	36,23
*27	256,0	6,1	<20	55	110	83	6	<3	20	37	129	41,97
28	185,7	19,9	70	46	85	40	6	<3	17	29	217	9,33
29	232,6	21,5	65	58	120	80	7	-	11	33	171	10,82
30	200,9	61,4	280	47	130	65	5	3	17	31	192	3,27
31	187,5	60,6	235	44	120	60	6	-	20	31	220	3,09
33	213,5	17,9	45	64	165	50	7	3	32	24	197	12,02
34	211,8	84,8	240	48	175	45	7	<3	30	33	155	2,50
36	200,2	73,6	360	41	110	52	6	<3	20	31	200	2,72
37	188,9	24,1	45	45	60	53	3	-	50	30	201	7,83
39	210,3	51,0	175	58	145	70	5	3	20	27	167	2,95
42	248,8	46,5	222	88	95	80	6	-	20	33	164	5,35
*43	200,7	5,7	<20	75	105	62	5	5	9	40	176	35,21
45	208,1	36,8	150	50	100	65	7	<3	24	49	201	5,65

Apêndice 5 (continuação)

Amostra	Rb	Sr	Ba	Y	Zr	Nb	Ni	Cu	Zn	Pb	K/Rb	Rb/Sr
46	180,5	50,4	195	53	185	68	7	4	50	38	192	3,58
*47	218,2	5,7	<20	71	110	45	5	4	24	32	177	38,28
48	212,1	42,9	240	78	120	50	8	4	21	29	171	4,94
50	207,8	54,9	215	60	140	57	6	6	40	27	182	3,78
54	227,7	67,6	275	28	105	65	5	5	29	38	192	3,37
64	222,8	80,6	340	110	200	45	7	5	24	33	187	2,76
72	216,0	25,0	140	75	115	90	6	-	57	30	167	8,64
*74	218,6	10,2	<20	73	100	55	6	6	23	23	183	21,43
*75	304,2	4,7	<20	90	115	95	7	-	28	46	123	64,72
76	201,5	34,2	100	107	115	80	5	<3	35	35	167	5,89
77	223,7	36,1	155	60	115	80	8	-	16	42	155	6,20
78	179,5	41,4	110	67	130	72	6	<3	40	34	195	4,33
80	174,1	17,6	60	111	110	75	6	-	43	53	210	9,89
81	242,5	51,4	210	101	115	40	7	<3	21	37	165	4,72
82	207,0	20,5	33	71	103	73	5	<3	24	40	190	10,34
83	237,0	51,9	230	65	165	65	7	<3	40	46	162	4,57
84	249,8	45,4	220	159	375	53	6	17	95	70	155	5,50
85	206,7	41,9	120	66	130	70	6	<3	27	33	166	4,93
89	199,0	27,2	100	75	130	80	6	17	33	40	194	7,31
91	184,9	14,5	80	47	70	62	7	13	42	45	190	12,75
*92	212,1	9,1	<20	65	90	70	7	11	39	49	183	23,31
96	218,1	33,0	115	56	150	90	6	<3	21	27	154	6,60
*99	218,5	7,0	<20	54	67	80	6	3	26	70	184	31,21
100	198,8	45,0	205	122	310	65	5	20	60	38	177	4,41
101	207,3	41,1	150	57	140	75	5	<3	35	40	177	5,04
103	243,7	19,7	75	52	125	70	8	<3	18	39	171	12,37
104	233,3	45,4	270	97	315	42	6	25	45	36	167	5,13
*119	239,6	8,4	<20	65	95	80	4	-	25	36	152	28,52
*120	244,9	6,2	<20	71	65	75	4	3	22	37	142	39,50
*121	296,2	7,7	<20	73	100	90	7	-	34	42	133	38,47
*129	231,8	6,4	<20	81	55	65	6	<3	18	35	162	36,22
132	237,0	35,7	35	49	90	65	7	<3	40	38	158	6,63
133	209,9	51,7	100	54	100	65	7	<3	22	41	176	4,06
209	199,3	44,7	145	91	130	55	5	<3	55	40	175	4,45
210	187,7	43,1	153	71	133	82	5	<3	46	35	191	4,35
220	189,3	32,0	115	65	125	65	4	-	24	27	192	5,91

Apêndice 5 (continuação)

Amostra	Rb	Sr	Ba	Y	Zr	Nb	Ni	Cu	Zn	Pb	K/Rb	Rb/Sr
241	199,2	23,8	55	70	120	82	4	3	5	21	174	8,37
250	192,3	58,1	195	52	110	65	6	-	20	14	186	3,31
256	183,2	64,5	200	50	170	61	8	<3	21	24	201	2,84
258	156,0	32,4	70	52	135	51	4	<3	24	33	232	4,81
259	199,4	43,7	130	72	145	75	8	<3	40	33	171	4,56
260	210,0	43,4	210	74	140	65	9	<3	24	37	185	4,84
265	121,8	58,2	445	36	125	57	5	<3	25	27	313	2,09
268	210,7	46,4	120	66	155	75	5	<3	45	41	184	4,54
275	193,9	21,9	50	66	100	90	5	<3	40	29	197	8,85
276	229,8	19,4	<20	48	70	80	4	<3	25	31	164	11,84
277	170,8	31,1	100	69	105	75	6	-	59	36	214	5,49
278	207,3	45,6	185	38	65	49	4	<3	20	29	197	4,55
280	158,1	22,5	85	54	120	50	4	<3	35	37	229	7,02
300	185,4	69,9	260	51	115	43	6	7	23	32	215	2,65
301	196,0	54,1	175	73	225	62	6	3	38	17	166	3,62
302	220,8	69,1	280	73	220	46	7	<3	31	30	205	3,19
303	173,3	72,0	180	57	230	56	5	<3	32	24	207	2,45
304	194,6	47,6	115	50	165	78	5	3	20	24	176	4,09
305	227,5	56,0	255	77	150	54	5	<3	25	30	170	4,06
306	208,2	67,6	233	53	163	61	6	<3	21	38	200	3,08
307	199,1	50,5	155	49	170	61	6	<3	20	30	181	3,94
308	199,6	48,0	175	59	210	66	6	<3	27	36	183	4,16
309	179,2	47,1	180	72	155	53	6	<3	25	29	199	3,80
310	201,8	46,7	185	47	130	55	5	<3	16	38	188	4,32
311	176,9	58,0	290	47	125	55	<3	-	30	30	224	3,05
312	182,2	39,1	180	53	110	61	5	-	21	30	194	4,66
313	187,0	49,9	150	55	125	70	5	<3	27	30	177	3,75
314	170,2	52,8	270	47	145	46	5	4	24	33	245	3,22
315	202,8	50,2	195	63	130	56	5	3	16	22	179	4,04
316	224,3	57,6	245	62	148	46	6	<3	27	28	185	3,90
317	234,4	52,7	175	52	115	61	7	<3	28	38	166	4,45
318	243,7	44,0	135	54	70	46	5	<3	13	31	151	5,54
*320	224,2	9,5	<20	77	125	98	6	-	33	37	152	23,60
*321	249,0	9,3	<20	57	110	80	5	<3	27	38	148	26,77
322	206,6	16,0	40	96	140	73	6	<3	30	40	170	12,91
323	207,4	21,3	110	88	75	76	5	3	18	28	166	9,74

Apêndice 5 (continuação)

Amostra	Rb	Sr	Ba	Y	Zr	Nb	Ni	Cu	Zn	Pb	K/Rb	Rb/Sr
324	246,8	15,4	60	59	80	66	5	<3	20	33	154	16,02
325	185,8	45,6	160	75	125	73	7	5	43	34	180	4,07
326	178,0	35,6	145	68	120	76	6	3	43	43	191	5,00
327	184,5	42,8	155	64	130	63	4	<3	38	34	182	4,31
328	188,8	38,4	125	66	100	68	4	<3	30	38	182	4,92
330	200,9	41,5	125	71	140	92	5	-	33	39	185	4,84
331	215,0	14,6	25	96	105	72	6	<3	44	36	173	14,73
332	205,5	43,2	115	78	140	73	6	<3	59	38	171	4,76
333	229,1	17,1	20	72	105	75	6	<3	42	27	164	13,40
334	164,3	42,4	180	64	165	62	8	6	44	44	212	2,87
335	216,6	17,6	<20	78	110	65	6	-	28	37	161	12,30
336	206,8	36,4	130	71	205	88	7	<3	34	24	169	5,68
337	179,2	37,0	205	63	100	54	7	<3	35	24	203	4,84
338	181,9	52,6	190	62	160	77	6	3	40	22	187	3,46
339	190,3	44,7	175	73	130	68	7	-	38	23	184	4,26
340	157,8	44,2	190	47	140	60	4	<3	27	24	215	3,57
*341	267,4	4,0	30	85	115	80	5	<3	27	34	130	66,85
*342	205,2	7,2	25	71	65	56	5	-	17	25	175	28,50
343	170,8	48,9	110	65	125	56	5	<3	30	37	215	3,49
344	185,0	53,2	210	52	120	41	6	4	22	34	220	3,48
345	240,8	52,7	195	63	150	47	4	5	20	50	168	4,57
346	219,5	58,8	210	55	165	62	6	<3	20	30	166	3,73
350	184,0	60,4	245	46	125	50	6	<3	21	28	194	3,05
351	165,3	64,9	270	49	175	47	6	<3	25	24	203	2,55
352	208,9	64,9	275	54	210	54	6	<3	24	25	201	3,22
355	207,0	39,9	150	80	155	100	5	<3	38	35	169	5,19
*356	254,8	2,1	<20	99	105	86	5	<3	29	48	135	121,33
*357	205,1	5,3	30	80	110	57	6	<3	27	20	169	38,70
*358	212,6	6,3	25	80	143	82	6	<3	32	40	165	34,01
*359	276,6	3,8	<20	74	90	66	6	3	17	30	133	72,78
360	190,3	14,6	<20	63	110	60	5	3	20	36	179	13,01
361	227,1	34,4	100	65	130	81	7	3	35	47	154	6,75
363	185,7	22,3	60	72	105	63	5	5	45	23	184	8,32
364	178,6	32,3	115	58	115	78	5	-	30	44	184	5,53
365	155,9	99,9	485	46	195	53	6	5	58	30	228	1,56
366	178,9	47,2	128	64	190	103	6	-	45	33	211	3,79

Apêndice 5 (continuação)

-194-

Amostra	Rb	Sr	Ba	Y	Zr	Nb	Ni	Cu	Zn	Pb	K/Rb	Rb/Sr
367	167,2	29,5	75	75	115	83	5	<3	23	38	198	5,67
*368	291,1	6,5	<20	45	95	80	5	<3	5	42	119	44,78
369	162,5	45,2	110	59	270	64	6	<3	37	33	169	3,60
370	226,6	12,3	<20	73	130	74	4	-	16	27	159	18,42
371	253,0	40,9	155	100	135	62	7	7	25	28	136	6,17
372	201,0	41,6	150	61	150	64	5	<3	18	17	179	4,83
374	192,2	50,2	210	58	150	41	6	3	25	30	185	3,83
375	199,8	62,9	190	63	150	54	6	<3	24	33	164	3,18
377	219,8	52,4	240	72	150	63	5	<3	30	45	182	4,19
378	187,5	49,1	155	61	105	66	5	<3	23	27	181	3,82
380	231,9	19,8	25	101	130	104	5	-	32	32	154	11,71
381	231,7	10,7	<20	84	115	80	6	<3	19	42	162	21,65
*382	329,9	2,2	<20	62	60	72	4	<3	6	42	111	149,95
383	234,1	60,5	230	84	185	52	8	<3	27	36	167	3,87
385	235,5	68,5	180	48	140	64	5	<3	20	31	176	3,44
386	188,6	53,9	155	112	195	57	7	9	50	45	171	3,50
387	168,4	45,3	190	64	150	77	6	4	28	35	181	3,72
388	198,7	34,7	120	70	88	105	4	7	23	28	173	5,72
389	207,4	51,2	148	69	135	65	6	<3	29	28	168	4,37
390	196,5	36,8	125	82	160	64	7	3	36	30	176	5,40
391	194,5	51,8	240	53	145	54	7	<3	25	33	184	3,75
392	219,5	60,0	240	51	110	43	5	3	20	37	191	3,66
396	192,0	71,6	335	47	150	37	5	4	25	30	229	2,68
398	167,4	61,0	275	105	175	54	6	<3	30	21	218	2,74
405	216,9	32,5	190	80	135	67	5	6	26	40	169	6,67
406	183,0	13,3	70	54	360	60	4	<3	40	30	177	13,76
407	213,6	26,0	150	86	165	77	4	11	20	30	161	8,21
408	215,0	21,0	70	81	115	77	5	30	17	25	165	10,24
409	209,5	40,9	145	76	160	85	4	<3	39	40	170	5,12
413	166,5	53,8	155	40	100	50	6	3	23	25	206	3,09
414	188,2	41,5	140	63	120	60	5	5	37	30	181	4,53
415	208,1	25,8	45	74	145	85	6	8	17	22	160	8,06
*419	194,1	7,2	<20	83	135	65	6	<3	36	38	171	26,96
420	193,2	40,1	115	63	130	67	5	<3	23	33	181	4,82
421	189,4	37,3	160	85	140	90	4	<3	36	37	181	5,07
423	243,5	29,1	70	57	140	80	5	-	34	38	142	8,37

Apêndice 5 (continuação)

Amostra	Rb	Sr	Ba	Y	Zr	Nb	Ni	Cu	Zn	Pb	K/RB	Rb/Sr
425	201,4	41,5	123	69	130	86	5	<3	36	28	178	4,86
426	188,2	44,9	145	70	135	68	5	<3	35	40	161	4,19
427	191,8	27,7	75	68	125	73	5	9	31	28	182	6,92
433	193,6	71,1	260	91	185	45	6	7	36	28	204	2,72
434	202,9	61,7	310	68	100	68	5	3	25	27	182	3,29
435	150,0	41,5	135	58	125	73	7	<3	25	40	214	3,61
436	215,3	36,6	100	51	130	79	5	9	63	65	168	5,88
437	203,8	50,4	150	80	160	64	6	23	78	40	167	4,04
438	182,4	79,8	360	76	125	46	4	6	24	28	207	2,29
439	171,0	60,2	200	50	125	49	5	<3	23	33	210	2,84
440	164,7	50,4	140	84	145	52	7	4	44	44	213	3,26
441	197,0	47,2	160	78	175	78	5	3	80	30	179	4,17
445	207,4	29,0	60	86	135	88	5	-	68	25	173	7,15
*446	189,3	8,6	40	56	105	64	4	<3	30	47	191	22,00
447	196,9	45,5	115	73	130	70	6	4	64	57	178	4,33
448	157,9	42,0	130	50	130	67	5	<3	42	37	209	3,76
449	172,3	30,8	70	64	130	75	5	3	35	32	204	5,58
450	169,4	49,3	210	49	160	48	5	<3	25	26	198	3,43
460	187,9	40,7	45	50	120	79	7	<3	17	24	187	4,61
463	217,0	63,8	260	56	205	63	4	-	24	28	203	3,40
464	181,7	49,5	160	60	220	65	6	<3	33	23	170	3,67
465	185,3	62,2	220	47	180	48	5	<3	20	25	186	2,98
467	199,1	34,4	130	59	115	90	6	<3	19	30	181	5,79
468	184,6	42,9	150	85	130	59	6	3	27	32	209	4,30
469	226,9	17,3	35	50	103	75	4	<3	24	28	162	13,14
470	190,2	30,0	205	59	130	47	4	3	25	28	216	6,34
471	212,3	55,9	205	92	135	45	7	4	31	30	178	3,80
472	165,8	31,9	80	65	140	72	6	<3	45	36	196	5,20
473	199,6	42,5	155	68	155	70	7	-	32	38	171	4,70
474	202,6	39,9	175	72	125	68	8	3	33	22	165	5,07
475	198,9	31,3	115	66	125	53	6	4	10	61	180	6,35
476	128,2	69,1	595	33	165	35	7	<3	22	15	306	1,85
478	218,2	62,4	310	91	195	67	5	-	46	40	156	3,49
479	225,8	54,2	280	66	140	54	5	<3	18	23	177	4,17
480	226,0	84,3	225	53	145	43	6	<3	36	35	177	2,68
481	229,3	44,0	195	120	135	52	6	<3	25	25	175	5,21

Apêndice 5 (continuação)

Amostra	Rb	Sr	Ba	Y	Zr	Nb	Ni	Cu	Zn	Pb	K/Rb	Rb/Sr
482	130,1	13,6	<20	44	110	94	6	<3	5	22	275	9,57
483	221,9	65,0	340	63	180	50	5	4	20	30	192	3,41
484	237,4	70,7	330	51	155	42	6	<3	14	32	179	3,36
485	178,3	89,4	330	51	120	39	7	<3	24	30	202	1,99
486	211,8	80,0	360	55	170	42	5	3	28	32	194	2,65
487	187,8	86,3	390	64	115	31	7	<3	13	30	231	2,18
488	244,1	53,4	215	100	235	57	6	<3	30	37	166	4,57
489	190,2	78,5	270	103	185	42	7	3	18	46	192	7,04
490	213,0	81,6	305	51	165	54	6	<3	25	29	192	2,61
*502	222,4	4,1	<20	52	85	82	4	<3	9	33	161	54,24
503	169,4	81,7	280	47	155	34	6	<3	30	23	209	2,07
504	227,6	45,1	195	76	210	60	6	5	23	35	155	5,04
505	250,7	43,0	190	59	140	53	6	8	21	37	153	5,83
*506	282,3	3,6	<20	64	105	85	7	<3	13	40	125	78,48
*507	273,6	4,4	<20	53	120	80	8	<3	35	25	124	62,18
508	177,9	30,4	135	68	140	80	8	3	43	24	195	5,85
509	208,7	26,5	45	59	135	87	7	-	33	32	169	7,87
510	188,7	33,1	95	58	130	75	8	<3	33	52	196	5,70
511	197,3	29,6	115	58	110	78	7	<3	32	34	193	6,66
512	162,1	42,8	130	64	195	93	7	-	40	22	209	3,79
513	175,4	35,6	120	78	170	82	9	<3	42	34	210	4,93
514	203,4	20,8	60	58	125	80	7	<3	27	37	180	9,78
515	186,3	26,0	135	64	155	65	8	6	28	22	193	7,16
516	183,4	23,5	50	70	150	86	8	<3	43	38	175	7,80
517	223,5	49,0	175	55	150	57	8	<3	20	35	168	4,56
518	242,8	65,7	260	50	90	52	8	3	20	35	187	3,69

Média aritmética

Nº de amostras	Rb	Sr	Ba	Y	Zr	Nb	Ni	Cu	Zn	Pb
204	199,9	43,9	<163	66	141	65	<6	<4	31	33
(*) 34	244,6	6,5	<23	71	101	74	<6	<3	22	38

ERRATA

- Pág. 7: Na quinta linha, onde se lê 525, leia-se 425.
- Pág. 9: Na vigésima segunda linha, onde se lê RAGUIN, 1980, leia-se RAGUIN, 1970.
- Pág. 25: Na TABELA I, no Material Analisado das amostras 122 e 123, onde se lê Plagioclásio, leia-se Anfibólio.
- Pág. 33: TABELA 3 - Na composição química das biotitas devem ser acrescentadas as seguintes porcentagens de F, logo após as de K₂O:
Amostra	90	234	242	243	271
F	0,21	0,24	0,31	0,60	0,09
- Pág. 36: TABELA 4 - Na soma total da composição química das granadas, onde se lê 99,45 e 99,59, leia-se 99,46 e 99,58 respectivamente.
- Pág. 38: TABELA 5 - Na porcentagem de CaO correspondente a amostra 208, onde se lê 1,246, leia-se 12,46.
- Pág. 61: TABELA 8 - Na porcentagem de Biotita correspondente a amostra 61, onde se lê 1,71, leia-se 1,76
- Na porcentagem de Outros correspondente as amostras 251 e 401, onde se lê 0,39 e 0,18, leia-se 0,45 e 0,08, respectivamente.
- Pág. 69: TABELA 9 - Na porcentagem de Quartzo correspondente a amostra 257, onde se lê 34,39, leia-se 34,29.
- Pág. 75: TABELA 10- Onde se lê 60, no número correspondente a amostra, leia-se 70.
- Na porcentagem de Quartzo correspondente a amostra 5, onde se lê 35,15, leia-se 35,13.
- Pág. 77: Na penúltima linha, entre Vírgulas, leia-se na rodovia BR-392.
- Pág. 91: TABELA 13- Na composição química de biotitas das amostras 6; 20; 36; 37; 39; 46; 50; 78 e 82 as porcentagens de K₂O correspondem, respectivamente, as de F. Assim, na mesma ordem, as porcentagens de K₂O são as seguintes: 9,05; 8,57; 8,90; 8,97; 9,10; 9,00; 8,95; 9,03 e 8,90.
- Nas amostras restantes 84; 100; 133; 317; 330; e 439 devem ser acrescentadas, respectivamente, as seguintes porcentagens de F: 1,47; 1,45; 1,29; 1,83; 1,45 e 1,43.
- Na soma total da composição química da amostra 317, onde se lê 95,77, leia-se 97,60.
- Pág. 122: TABELA 16- Na soma total da composição química da amostra 98 onde se lê 99,99, leia-se 100,01.
- Pág. 123: TABELA 17- Na composição normativa correspondente a amostra 84, deve ser acrescentada a porcentagem de hematita (hm = 1,03).
- Pág. 125: TABELA 18- Na coluna cinco, onde se lê Na₂O + K₂O, leia-se Na₂O/K₂O.
- Na coluna dois, onde se lê (Sieno) Granito, leia-se (Sieno-)Granito.
- Embaixo, onde se lê *An = An/Ab+An, leia-se *An=100.(An/Ab+An).
- Pág. 126: TABELA 19 - No valor de An* correspondente a amostra 84, onde se lê 4,69, leia-se 9,38.
- Pág. 148: LINHA 31 - Onde se lê ortoclásio, leia-se ortoclásio.
- Pág. 157: Na penúltima linha, onde se lê decorret, leia-se decorrer.
- Pág. 160: Na penúltima referência bibliográfica, onde se lê DE LA ROCHE, leia-se LA ROCHE, H. de .
- Pág. 161: Na sexta referência bibliográfica, onde se lê Bol. Paran.Geoc. Geoc., leia-se Bol. Paran. Geoc., .
- Pág. 168: Na última referência bibliográfica, onde se lê 1971, leia-se 1976.
- Pág. 180: Na porcentagem de CaO correspondente a amostra 443, onde se lê 1 34, leia-se 1,34.
- Pág. 194: No teor de Y correspondente a amostra 367, onde se lê 75, leia-se 48.