

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

GEOLOGIA E GEOQUÍMICA DO COMPLEXO CAMBAIZINHO,
SÃO GABRIEL - RS

MARCUS VINÍCIUS DORNELES REMUS

Orientador: Dr. LÉO AFRANEO HARTMANN

Comissão Examinadora: Dr. ALFONSO SCHRANK
Dr. ARIPLÍNIO ANTÔNIO NILSON
Dr. LÉO AFRANEO HARTMANN

Dissertação submetida como requisito parcial para
a obtenção do título de Mestre em Geociências

Á esposa Rosimeri, e à
minha família.

"A ciência é um esforço incessante
no qual o fim de uma investigação
pode transformar-se no início de
outra".

Os cientistas precisam escrever.

- Barras, R. -

AGRADECIMENTOS

O autor agradece a todas as pessoas e instituições que, de alguma maneira, tornaram possível a elaboração deste trabalho.

À comissão de coordenação do Curso de Pós-Graduação em Geociências da UFRGS, na pessoa dos Profs. Dr^a Yvonne T. Sanguinetti, Dr. Natálio Gamermann e Dr. Mário C. Barberena pelo apoio e tolerância nos prazos estipulados.

Aos professores Dr. Herbert E. Wetzel, Sérgio Concli Gomes da Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa e de Graduação e ao prof^o Vicente de P. O. Sant'Anna da Direção do Centro Tecnológico da UNISINOS pelas facilidades de tempo concedidas.

Aos professores Marco A. Tedesco e Ubiratan F. Faccini (UNISINOS), geólogos César Camatti (PARANAPANEMA), ex-aluno José Amauri Alves; Edu L. dos Santos (DNPM), Giles C. Azevedo (DNPM) e Lineu Sabóia (B.P. Mineração) pelo auxílio e discussões estimulantes nos trabalhos de campo.

À prof^a Dione A. Pintaude e aos funcionários do Laboratório de Análises de Minerais e Rochas da UFRGS pela dedicação nos trabalhos analíticos.

Ao prof^o Dr. Umberto G. Cordani e funcionários do Centro de Pesquisa Geocronológicas da USP, pela orientação dispensada durante os trabalhos de determinação radiométrica.

Ao prof^o Dr. Excelso Rupertti e Dr. Celso B. Gomes do Departamento de Mineralogia e Petrologia do IG-USP, pela orientação concedida durante os trabalhos na microsonda eletrônica.

À prof^a Andrea Sander (UNISINOS) e aos acadêmicos

Sergio Luis Juges e Fernanda Pozza desta universidade, pelo auxílio na confecção dos gráficos de geoquímica.

À todos os professores e colegas do Curso de Pós-Graduação em Geociências da UFRGS, pelo incentivo e críticas durante a elaboração deste trabalho.

À esposa Rosimeri Osório pelo auxílio, estímulo e serviços de datilografia, indispensáveis à confecção deste.

Ao Sr. Luis F. Borba pela execução da parte gráfica.

À bibliotecária Heloisa M. Saraiva pela revisão da bibliografia.

O autor agradece em especial, ao Prof^o Dr. Léo A. Hartmann, pela orientação, apoio e crítica dedicados ao longo deste trabalho.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	iv
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS	xiii
LISTA DE ANEXOS	xviii
RESUMO	xix
ABSTRACT	xxii
INTRODUÇÃO	1
Materiais e métodos de trabalho	4
GEOLOGIA DO EMBASAMENTO DO BLOCO SÃO GABRIEL	9
Região da Bossoroca (Mata Grande)	11
Região do Arroio Cambaizinho	13
Região da Palma	14
Região de Ibaré	16
Região do Cerro Mantiqueiras	17
Região da Vila Nova (Arroio Cambaí)	18
GEOLOGIA DA ÁREA	20
Complexo Cambaizinho	20
Seqüência Meta-sedimentar	21
Seqüência Máfica-ultramáfica	25
Granitóides Sanga do Jobim	33
PETROGRAFIA	37
Seqüência Meta-sedimentar	37
Gnaisses quartzo-feldspáticos	37

Anfibolitos	49
Quartzitos	52
Seqüência Máfica-ultramáfica	53
Serpentinitos e olivina-talco ultramafitos	53
Xistos magnesianos	63
Anfibolitos	74
Metagabros	76
Sedimentos Químicos	80
Granitóides Sanga do Jobim	81
QUÍMICA MINERAL	87
Olivinas	87
Serpentinitos e olivina-talco ultramafitos	87
Anfibólitos	91
Serpentinitos e olivina-talco ultramafitos	91
Clorita e anfibólio xistos	94
Clorita-hornblenda xistos	97
Xistos magnesianos à talco	100
Anfibolitos e metagabro	101
Granodiorito	104
Clinopiroxênio e granada	107
Plagioclásios	107
Filossilicatos	110
Xistos magnesianos e metagabro	110
Óxidos	112
Xistos magnesianos	112
Anfibolitos e metagabro	115
GEOLOGIA ESTRUTURAL	117
Aspectos Gerais	117
D1, F1, S1, Lm1, M1	120
D2, F2, S2, Lm2, M2	124
Fases tardias D3/D4	131

METAMORFISMO X DEFORMAÇÃO	134
Cronologia do Metamorfismo	134
Paragêneses Minerais do Metamorfismo Regional	139
ESTRATIGRAFIA	149
Aspectos Gerais	149
Geocronologia	155
GEOQUÍMICA DAS ROCHAS	161
Seqüência Máfica-ultramáfica: Elementos maiores e traços	161
Alteração	173
Rochas portadoras de olivina e/ou serpentina	186
Xistos Magnesianos	192
Xistos magnesianos à talco	193
Clorita e anfibólio xistos	197
Clorita-hornblenda xistos	204
Anfibolitos e Metagabros	209
Elementos Terras Raras	224
Granitóides Sanga do Jobim	240
CONCLUSÕES	249
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	254

LISTA DE TABELAS

TABELAS: (PETROGRAFIA)

I-	Composição modal estimada e classificação dos serpentinitos e olivina-talco ultramafitos da seqüência Máfica-ultramáfica.....	55
II-	Composição modal estimada e classificação dos xistos magnesianos à talco da Seqüência Máfica-ultramáfica.....	70
III-	Composição modal estimada e classificação dos clorita e anfibólio xistos da Seqüência Máfica-ultramáfica.....	71
IV-	Composição modal estimada e classificação dos clorita-hornblenda xistos, anfibolitos e metagabros da Seqüência Máfica-ultramáfica.....	72
V-	Granitóides Sanga do Jobim - Composição modal estimada e classificação dos Granitóides Sanga do Jobim.....	84

(QUÍMICA MINERAL)

VI-	Elementos maiores e números de íons na base de 04 átomos de oxigênio e classificação das olivinas dos serpentinitos da Seqüência Máfica-ultramáfica.....	88
VII-	Elementos maiores e números de íons na base de 04 átomos de oxigênio e classificação das olivinas de olivina-talco ultramafitos da Seqüência Máfica-ultramáfica.....	89
VIII-	Elementos maiores e números de íons na base de 23 átomos de oxigênio (Leake, 1978) de anfibólios dos serpentinitos e olivina-talco ultramafitos da Seqüência Máfica-ultramáfica...	92
IX-	Classificação e fórmula química simplificada dos anfibólios (Leake, 1978) dos serpentinitos e olivina-talco ultramafitos da Seqüência Máfica-ultramáfica.....	93
X-	Elementos maiores e números de íons na base de 23 átomos de oxigênio (Leake, 1978) de anfibólios dos clorita e anfibólios xistos da Seqüência Máfica-ultramáfica.....	95

XI-	Classificação e fórmula química simplificada dos anfíbólios (Leake, 1978) dos clorita e anfíbólio xistos da Sequência Máfica-ultramáfica.....	96
XII-	Elementos maiores e números de íons na base de 23 átomos de oxigênio (Leake, 1978) de anfíbólios dos clorita-hornblenda xistos e xistos magnesianos à talco da Sequência Máfica-ultramáfica.....	98
XIII-	Classificação e fórmula química simplificada dos anfíbólios (Leake, 1978) dos clorita-hornblenda xistos e xistos magnesianos à talco da Sequência Máfica-ultramáfica.....	99
XIV-	Elementos maiores e números de íons na base de 23 átomos de oxigênio (Leake, 1978) de anfíbólios dos anfibolitos e metagabro da Sequência Máfica-ultramáfica.....	102
XV-	Classificação e fórmula química simplificada dos anfíbólios (Leake, 1978) dos anfibolitos e metagabro da Sequência Máfica-ultramáfica.....	103
XVI-	Elementos maiores e números de íons na base de 23 átomos de oxigênio (Leake, 1978) de anfíbólios de uma amostra de granodiorito.....	105
XVII-	Classificação e fórmula química simplificada dos anfíbólios (Leake, 1978) de um granodiorito.....	106
XVIII-	Elementos maiores e números de íons na base de 06 e 24 átomos de oxigênio e classificação de clinopiroxênio e granada, respectivamente de anfibolito.....	108
XIX-	Elementos maiores e números de íons na base de 08 átomos de oxigênio e classificação de plagioclásio de xisto magnesiano, metagabro e anfibolitos da Sequência Máfica-ultramáfica.....	109
XX-	Análise parcial para elementos maiores e classificação de plagioclásios de anfibolitos e de granodiorito.....	111
XXI-	Elementos maiores e números de íons na base de 22 átomos de oxigênio e classificação de filossilicatos dos xistos magnesianos e metagabro da Sequência Máfica-ultramáfica.....	113

XXII-	Elementos maiores e números de íons na base de 32 átomos de oxigênio e classificação dos óxidos dos xistos magnesianos, metagabro e anfibolito da Sequência Máfica-ultramáfica.....	114
	(METAMORFISMO X DEFORMAÇÃO)	
XXIII-	Associações minerais diagnóstica do metamorfismo regional.....	140
	(ESTRATIGRAFIA)	
XXIV-	Dados analíticos para Rb e Sr obtidos no CPGeo-USP.....	157
XXV-	Dados analíticos das determinações K/Ar obtidos no CPGeo-USP.....	157
	(GEOQUÍMICA)	
XXVI-	Elementos maiores, normas CIPW e números de Niggli dos serpentinitos e olivina-talco ultramafitos da Sequência Máfica-ultramáfica...	163
XXVII-	Elementos traços, razões entre óxidos e elementos dos serpentinitos e olivina-talco ultramafitos da Sequência Máfica-ultramáfica...	164
XXVIII-	Elementos maiores, normas CIPW e números de Niggli dos xistos magnesianos à talco da Sequência Máfica-ultramáfica.....	166
XXIX-	Elementos traços, razões entre óxidos e elementos dos xistos magnesianos à talco da Sequência Máfica-ultramáfica.....	167
XXX-	Elementos maiores, normas CIPW e números de Niggli dos clorita e anfibólio xistos, anfibólio-plagioclásio xistos (MR-63H) e cloritito (MR-125A) da Sequência Máfica-ultramáfica....	169
XXXI-	Elementos traços, razões entre óxidos e elementos dos anfibólio e clorita xistos, anfibólio-plagioclásio xisto (MR-63H) e cloritito (MR-125A) da Sequência Máfica-ultramáfica....	170
XXXII-	Elementos maiores, normas CIPW e números de Niggli dos clorita-hornblenda xistos, anfibólitos e metagabro da Sequência Máfica-ultramáfica.....	171

XXXIII-	Elementos traços, razões entre óxidos e elementos dos clorita-hornblenda xistos, anfibolitos e metagabro da Sequência Máfica-ultramáfica.....	172
XXXIV-	Médias composicionais da Sequência Máfica-ultramáfica e de suites ultramáficas conhecidas.....	188
XXXV-	Elementos Terras Raras (ETR) dos xistos magnesianos, anfibolitos e metagabros da Sequência Máfica-ultramáfica.....	225
XXXVI-	Elementos Terras Raras (ETR) dos xistos magnesianos, olivina-talco ultramafitos e serpentinitos da Sequência Máfica-ultramáfica..	226
XXXVII-	Elementos maiores, normas CIPW e elementos traços dos granitos e granodioritos da unidade de Granitóides Sanga do Jobim.....	241
XXXVIII-	Índices petroquímicos para rochas graníticas com SiO ₂ entre 70 e 75% aplicados a unidade Sanga do Jobim.....	244

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS:

1-	Esboço geológico do embasamento da região de Lavras - São Gabriel/RS.....	2
2-	Mapa de localização e acesso a área do Complexo Cambaizinho.....	5
3a-	Aspecto do bandamento S1 dos gnaisses quartzo-feldspáticos da Sequência meta sedimentar.....	23
3b-	Bandamento composicional dos gnaisses quartzo-feldspáticos.....	23
4a-	Anfibolitos bandados da Sequência meta sedimentar.....	24
4b-	Relações de contato entre os anfibolitos e os gnaisses quartzo-feldspáticos.	24
5a-	Camada de serpentinito da Sequência máfica-ultramáfica.....	26
5b-	Sistema de fraturas (S2) em serpentinitos.....	26
6a-	Blocos de rochas ultramáficas silicificadas.....	27
6b-	Aspecto da foliação (S2) nos bordos dos corpos de serpentinitos.....	27
7a-	Camadas de xistos magnesianos da sequência máfica-ultramáfica intercalados em gnaisses quartzo-feldspáticos.....	29
7b-	Feições mesoscópicas de anfibólio-clorita xistos contendo ninhos de clorita...	29
8a-	Camadas de anfibolitos à granulação fina intercaladas nas litologias da sequência máfica-ultramáfica.....	31
8b-	Intercalações de finas camadas de anfibolitos em biotita gnaisses.....	31
9a-	Níveis de meta-cherts intercalados com xistos magnesianos.....	34
9b-	Dobras F1 marcadas por níveis finos de meta-cherts.....	34
10a-	Relações de contato entre os Granitóides Sanga do Jobim e os gnaisses quartzo-feldspáticos.....	35

10b-	Injeções graníticas segundo a superfície axial das dobras F2.....	35
11a-	Aspecto do acamadamento composicional recristalizado dos gnaisses quartzo-feldspáticos.....	39
11b-	Dobras F2 em veios de quartzo.....	39
12a-	Bandamento composicional em gnaisses quartzo-feldspáticos.....	44
12b-	Resquícios do acamadamento gradacional (So) contendo porfiroblastos de granada e estauroлита.....	44
13a-	Fotomicrografia de porfiroblastos de granada em mica-xistos.....	46
13b-	Fotomicrografia de porfiroblastos de granada com xistosidade interna (Si) concordante com (Se).....	46
13c-	Fotomicrografia de porfiroblastos de granada com xistosidade interna (Si) discordante da xistosidade externa (Se)...	46
14a-	Fotomicrografia de estauroлита-muscovita-biotita xisto.....	47
14b-	Fotomicrografia de granada biotita-muscovita xisto mostrando relações entre Si e Se.....	47
14c-	Fotomicrografia de anfibolito bandado..	47
15a-	Fotomicrografia de olivina-talco ultramafito contendo associações mineralógicas de M1.....	59
15b-	Fotomicrografia de olivina-talco ultramafito (MR-101) com textura "jack-straw" em LP.....	59
15c-	Fotomicrografia de olivina-talco ultramafito (MR-101) com textura "jack-straw" em LN.....	59
16a-	Fotomicrografia da amostra MR-990 contendo texturas de equilíbrio ("overgrown") entre olivina e antofilita.....	60
16b-	Fotomicrografia de xisto magnesiano silicificado.....	60
17a-	Camada de xisto magnesiano da associação (a).....	65
17b-	Feições mesoscópicas de xistos magnesianos da associação (b) contendo interca	

	lações de finas camadas de composição contrastante.....	65
17c-	Xistos magnesianos bandados da associação (b) contendo níveis segmentados....	65
18a-	Fotomicrografia de clorita-tremolita xisto contendo clastos a granulação finíssima.....	68
18b-	Fotomicrografia de tremolita xisto com clastos de granulação fina/média.....	68
19a-	Fotomicrografia de anfibolito à granulação fina contendo textura grano-nematoblástica.....	77
19b-	Fotomicrografia de metagabro com texturas ofíticas e sub-ofíticas remanescentes	77
20a-	Fotomicrografia de grafite-turmalina xisto.....	82
20b-	Fotomicrografia de granodiorito contendo hornblenda.....	82
21a-	Tectono-diagrama esquemático para as estruturas dos Complexos Cambaí e Cambaizinho.....	118
21b-	Bloco diagrama ilustrando o modelo de deformação predominate (não coaxial) para o Complexo Cambaizinho.....	118
22 -	Quadro cronológico da evolução estrutural e metamórfica do Complexo Cambaizinho e granitóides associados.....	121
23a-	Fotomicrografia de anfibólio-clorita xisto ilustrando o bandamento composicional.....	123
23b-	Fotomicrografia de anfibólio-clorita xisto bandado contendo dobras F2 e anfibólitos de crescimento pós-tectônico....	123
24a-	Aspecto mesoscópico de anfibólitos pós-tectônicos crescidos no contato entre meta-cherts e xistos magnesianos.....	125
24b-	Transposição do bandamento em gnaisses quartzo-feldspáticos.....	125
25a-	Curvas de contorno para a foliação S1 (=So) e S2 do Complexo Cambaizinho.....	126
25b-	Distribuição das lineações mineralógicas (Lm1 e Lm2) e eixos das dobras F2	

	e F4 do Complexo Cambaizinho.....	126
26a-	Fotomicrografia de xisto magnesiano <u>i</u> lustrando a foliação S2, marcada por <u>u</u> ma clivagem de crenulação diferenciada.	128
26b-	Fotomicrografia de xisto magnesiano <u>con</u> tendo duas xistosidades S1 e S2.....	128
27a-	Aspecto mesoscópico das lineações de <u>in</u> tersecção (LB2) entre S1 e S2 em xisto magnesiano.....	130
27b-	Lineações mineralógicas Lm2 em granitói des epizonais da unidade Sanga do Jobim	130
28a-	Dobras F2 com foliação plano axial asso ciada, em anfibolitos.....	132
28b-	Dobras F2 fechadas em veios graníticos da unidade Granitóide Sanga do Jobim...	132
29a-	Diagrama AFM para as paragêneses dos biotita xistos da Sequência meta-sedi mentar.....	143
29b-	Diagrama Na/Na+Ca : Al/Al+Si (proporção atômica) para hornblendas das rochas me ta-básicas do Complexo Cambaizinho.....	143
30a-	Diagrama PH ₂ O:T°C com as seqüências de reações de paragêneses metamórficas <u>a</u> plicados aos ultramafitos do Complexo Cambaizinho.....	145
30b-	Curvas de equilíbrio para as reações 6* 7* e 7 correspondentes as temperatura mínimas encontradas em meta-serpentin itos e aplicadas aos ultramafitos do Com plexo Cambaizinho.....	145
31-	Coluna Estratigráfica.....	151
32-	Isócrona Rb/Sr de referência para os Granitóides Sanga do Jobim.....	157
	Gráficos Geoquímicos para a Sequência Máfica-ultramáfica.	
33-	(a) Diagrama SiO ₂ (%):Perda ao Fogo (%); (b) " FeO (%): " (%); (c) " CaO (%): " (%).	178
34-	(a) Diagrama MgO (%):Perda ao Fogo (%); (b) " Fe ₂ O ₃ (%):Perda ao Fogo(%); (c) " Al ₂ O ₃ (%): " (%).	179

35-	(a) Diagrama $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}(\%):\text{P. ao Fogo}(\%);$ (b) " $\text{FeO}^*(\%):\text{P. ao Fogo}(\%);$ (c) " $\text{TiO}_2(\%):\text{P. ao Fogo}(\%).$	180
36-	(a) Diagrama $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2 : \text{FM}/\text{TiO}_2 ;$ (b) " $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{FM}/\text{Al}_2\text{O}_3 ;$ (c) " $\text{SiO}_2/\text{CaO} : \text{FM}/\text{CaO}.$	184
37-	(a) Diagrama $\text{SiO}_2/\text{K}_2\text{O} : \text{FM}/\text{K}_2\text{O};$ (b) " $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O} : \text{FM}/\text{Na}_2\text{O}.$	185
38-	(a) Diagrama $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{FeO}^*+\text{TiO}_2 : \text{MgO};$ (b) " $\text{CaO} : \text{MgO} : \text{Al}_2\text{O}_3 .$	213
39-	(a) Diagrama $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{FeO}^*/(\text{FeO}^*+\text{MgO});$ (b) " $\text{CaO} : \text{MgO} : \text{FeO}^*.$	214
40-	(a) Diagrama $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{FeO}/(\text{FeO}+\text{MgO});$ (b) " $\text{Al}_2\text{O}_3(\%) : \text{MgO}.$	215
41-	(a) Diagrama $\text{SiO}_2(\%) : \text{MgO}(\%);$ (b) " $\text{CaO}(\%) : \text{MgO}(\%);$ (c) " $\text{TiO}_2(\%) : \text{MgO}(\%).$	216
42-	(a) Diagrama $\text{FeO}(\%) : \text{MgO}(\%);$ (b) " $\text{Fe}_2\text{O}_3(\%) : \text{MgO}(\%).$	217
43-	(a) Diagrama $\text{Na}_2\text{O}(\%) : \text{MgO}(\%);$ (b) " $\text{K}_2\text{O}(\%) : \text{MgO}(\%).$	218
44-	(a) Diagrama $\text{Cr}(\text{ppm}) : \text{MgO}(\%);$ (b) " $\text{Ni}(\text{ppm}) : \text{MgO}(\%).$	219
45-	(a) Diagrama $\text{Co}(\text{ppm}) : \text{MgO}(\%);$ (b) Diagrama $\text{V}(\text{ppm}) : \text{MgO}(\%).$	220
46-	(a) Diagrama $\text{Cr}(\text{ppm}) : \text{Ti}(\text{ppm} \times 1000).$	221
47-	(a) Diagrama $\text{TiO}_2(\%) : \text{P}_2\text{O}_5(\%);$ (b) " $\text{TiO}_2(\%) : \text{Al}_2\text{O}_3(\%).$	222
48-	(a) Diagrama $\text{TiO}_2(\%) : \text{CaO}(\%);$ (b) " $\text{Y}(\text{ppm}) : \text{Zr}(\text{ppm}).$	223
49-	(a) Envelope de distribuição da concentração dos ETR dos xistos magnesianos.. (b) Curvas de abundância dos ETR para clorita-anfibólio xistos e xistos magnesianos à talco	237 237
50-	(a) Perfis de concentração dos ETR para amostras de clorita-hornblenda xistos da camada B..... (b) Curvas de abundância dos ETR para a	238

	mostras de clorita-tremolita xistos da camada A.....	238
51-	(a) Curvas de abundância dos ETR normalizadas ao condrito para as rochas portadoras de olivina e/ou serpentina e xisto magnesiano à talco.....	239
	(b) Curvas de abundância dos ETR de anfíbolitos e de metagabros.....	239
	Gráficos Geoquímicos para os Granitóides Sanga do Jobim.	
52-	(a) Diagrama QAP triangular de Streckei sen para os granitóides.....	245
	(b) Classificação química CaO-Na ₂ O-K ₂ O para os granitóides.....	245
53-	(a) Diagrama SiO ₂ : log (CaO/Na ₂ O+K ₂ O).	246
	(b) Diagrama SiO ₂ versus Al ₂ O ₃ + CaO ± (K ₂ O+Na ₂ O).....	246
54-	(a) Diagrama SiO ₂ x log ₁₀ (K ₂ O/MgO)....	247
	(b) Diagrama AFM.....	247

LISTA DE ANEXOS

ANEXO:

I-	Mapa geológico da região do Arroio Cambaizinho.....
II-	Perfil lito-estrutural ao longo da Br-290 entre o Arroio Cambaizinho e a Sanga do Jobim.....
III-	Mapa de Pontos.....

RESUMO

Mapeamentos geológicos feitos pelo autor na região do Arroio Cambaizinho - São Gabriel/RS, resultaram na definição do Complexo Cambaizinho, representado pelas seqüências meta-sedimentar e máfica-ultramáfica, intimamente associadas ao longo de toda a extensão da associação supracrustal. A seqüência meta-sedimentar é constituída por gnaisses quartzo-feldspáticos dominantes, anfibolitos bandados e quartzitos subordinados, derivados de sedimentos areno-pelítico-carbonatados estruturados, de forma ritmica em ambiente subaquoso. Níveis composicionais de ocorrência restrita contendo estauroлита, definem o grau metamórfico (médio) para esta região. Intercalações de serpentinitos, xistos magnesianos variados e anfibolitos a granulação fina, na forma de camadas e/ou lentes interestratificadas nos meta-sedimentos indicam suas derivações a partir de derrames e/ou intrusões ígneas de pequena profundidade de composição básica-ultrabásica. Estes, juntamente com níveis de sedimentos químicos intercalados e corpos de gabros, constituem a seqüência máfica-ultramáfica.

O complexo, representa o segmento norte de um cinturão supracrustal polideformado de forma geométrica aproximadamente linear, com orientação NNE, que se estende desde a localidade de Passo do Ivo, situado mais a sul, até a região objeto deste trabalho.

Quatro fases de deformação dúcteis foram identificadas para a área, estando as duas primeiras (D1 e D2) associadas

aos eventos metamórficos regionais M1 e M2. O metamorfismo mais antigo (M1), assinalado por paragêneses diagnósticas em metapelitos alcançou o fácies anfibolito (zona da estauroлита), estando representado em outras litologias pela ocorrência de olivina metamórfica em paragênese com tremolita e/ou talco (meta-serpentinitos) e hornblenda mais oligoclásio/andesina em meta-básicas. O M2, mais jovem, atingiu o fácies xistos verdes, cujas assembleias mineralógicas se associam à foliação S2, de distribuição irregular ao longo do cinturão. As condições físicas de M1 foram de média P/T, similares às do metamorfismo Dalradiano.

Intrusões graníticas na forma de lâminas (corpos tabulares) durante a segunda fase de deformação D2, datados pelo método Rb/Sr em 661 ± 29 Ma e agrupados sob a denominação de Granitóides Sanga do Jobim, fornecem idades mínimas para o complexo.

Os vários grupos composicionais da sequência máfica-ultramáfica, individualizados com base em critérios petrográficos e conteúdo de elementos maiores correspondem a: serpentinitos e olivina-talco ultramafitos (cumulados komatiíticos); xistos magnesianos à talco e clorita e anfibólio xistos (komatiitos); clorita-hornblenda xistos (basaltos komatiíticos), anfibolitos e metagabros (basaltos e gabros toleíticos).

Estes vários tipos litológicos foram originados através de diferentes graus de fusão parcial do manto como indicado pelo hiato composicional de MgO (11 à 17%) e os diferentes padrões de ETR existentes entre os anfibolitos/metagabros (toleitos) e os serpentinitos/xistos magnesianos (komatiitos). As variações composicionais no interior de cada grupo, foram controladas pelo fracionamento (acumulação ou extração) de olivina e pouco ortopiroxênio (serpentinitos e olivina-talco ultramafitos) clinopiroxênios (clorita e anfibólios xistos, clorita hornblenda xistos), clinopiroxênio e plagioclásio (anfibolitos e metagabros).

As abundâncias e os padrões de ERTL (elementos ter

ras raras leves) enriquecidos, juntamente com os baixos valores das razões Al_2O_3/TiO_2 e CaO/TiO_2 das amostras de xistos magnesianos das camadas A e B sugerem derivações deste material a partir de baixas percentagens de fusão de um manto enriquecido em elementos incompatíveis. As anomalias negativas de Ce e Eu na maioria das rochas da seqüência máfica-ultramáfica indicam que os protólitos ígneos sofreram alterações em ambiente submarino.

ABSTRACT

Geologic mapping performed by the author on the Cambaizinho area resulted in the separation of the Cambaizinho Complex. This includes sedimentary and mafic-ultramafic metamorphosed sequences which are closely intertongued all over the supracrustal association.

Meta sedimentary sequence is built up mainly by quartz-feldspathic gneisses and less abundant banded amphibolites with minor amounts of quartzites. These supposedly represent metamorphosed subaqueous rhythmically banded arenaceous marly sediments. At some levels of restricted occurrence, representing an iron rich composition, staurolite bearing metamorphic assemblages suggests medium grade of metamorphism for this region. Interfingering serpentinites, some varieties of magnesian schists and fine grained amphibolites enclosed in the meta sedimentary rocks suggests lava flows and low depth intrusions of basics/ultrabasic composition. These volcanic magmatic rocks altogether with gabbro bodies and interlayered chemical sediments built up the mafic-ultramafic sequence.

Cambaizinho Complex represents the northern segment of a supracrustal, multideformed, linear belt trending NNE which stretches from this area till Passo do Ivo to the south.

Four deformation phases were recognized for this area being first and second (D1 and D2) associated to regional metamorphic events, M1 and M2. The oldest metamorphic episode (M1) signa

led by diagnostic paragenesis in metapelites reached amphibolite facies (staurolite zone) being represented in magnesian rocks by olivine-tremolite±talc (meta-serpentinites) and hornblende-oligoclase/andesine in metabasites. M2 metamorphic event, younger is represented by greenschist facies whose mineralogic assemblages are associated to S2 foliation irregularly distributed along the belt. Physical conditions for M1 metamorphism of intermediate values for P/T are comparable to those of Dalradian metamorphism.

Granitic intrusions form sheaf-like bodies belong to the second phase of deformation (D2) give the minimum Rb/Sr age of 661 ± 29 Ma for the whole complex and were named Sanga do Jobim Granitoids.

The whole compositional range of the mafic-ultramafic sequence separated on the petrographic criteria and major elements contents are named serpentinites and olivine-talc ultramaphites (komatiitic cumulates), magnesian talc schists and chlorite-amphibole schists (komatiites), chlorite-hornblende schists (basaltic komatiites) and amphibolites and meta-gabros (tholeiitic basalts and gabros).

The lithologic types above are thought to have originated by different degrees of partial mantle fusion as suggested by MgO hiatus (11-17%) and various ETR patterns found for amphibolites and meta-gabros(tholeiites) and serpentinites/magnesian schists (komatiites). Compositional variations in each group were controlled by fractionation (accumulation/extraction) of olivine and minor orthopyroxene (serpentinites and olivine-talc ultramaphites) pyroxenes and lesser amounts of olivine (talc magnesian schists), clinopyroxenes (chlorite and amphibole schists and chlorite-hornblende schists), clinopyroxene and plagioclase (amphibolites and meta-gabros).

Abundancies and enriched patterns of LREE altogether with low values of Al_2O_3/TiO_2 and CaO/TiO_2 rates of magnesian schists of A & B layers suggests derivations of this material from

feeble percentages of fusion of the mantle enriched in incompatible elements. Negative Ce and Eu anomalies in most rocks of the mafic-ultramafic sequence point to protolites submitted to alteration in submarine environment.

INTRODUÇÃO

Cinturões supracrustais constituídos por rochas máfi-
cas e ultramáficas entremeadas à seqüências vulcano-sedimentares
metamorfisadas do oeste do Escudo Sul-riograndense tem despertado
a curiosidade e o interesse dos pesquisadores do Pré-Cambriano -
desde o início do século e principalmente a partir da década de
60.

Estas associações de rochas ocorrem na forma de fai-
xas lineares, as vezes descontínuas atingindo até 50 Km de compri-
mento por no máximo 15 Km de largura. As principais ocorrências -
situam-se nas regiões de Palma, Ibaré e Arroio Cambaizinho (muni-
cípio de São Gabriel), Bossoroca (município de São Sepé) e ao sul
de Lavras do Sul na localidade de Cerro Mantiqueiras (fig. 01).

Os diversos estudos efetuados nestas associações lito-
lógicas culminaram com interpretações paradoxais no que diz res-
peito as idades e ambientes geotectônicos destes segmentos crus-
tais: (a) o primeiro deles atribui uma evolução ligada ao Protero-
zóico superior; (a1) como parte de uma associação de arco magmáti-
co (Szubert et al., 1977; Ribeiro & Fantinell, 1978; Ribeiro &
Lichtemberg, 1978 entre outros); (a2) representando a evolução de
uma bacia marginal atrás de um arco magmático (Silva Filho, 1984;
Soliani Jr., 1986; Silva Filho & Soliani Jr., 1987); (b) alterna-
tivamente, estas associações supracrustais são entendidas como
"greenstone-belts" desenvolvidos no Arqueano e/ou Proterozóico in-
ferior (Nardi & Hartmann, 1979, 1983; Fragoso César, 1980, Jost

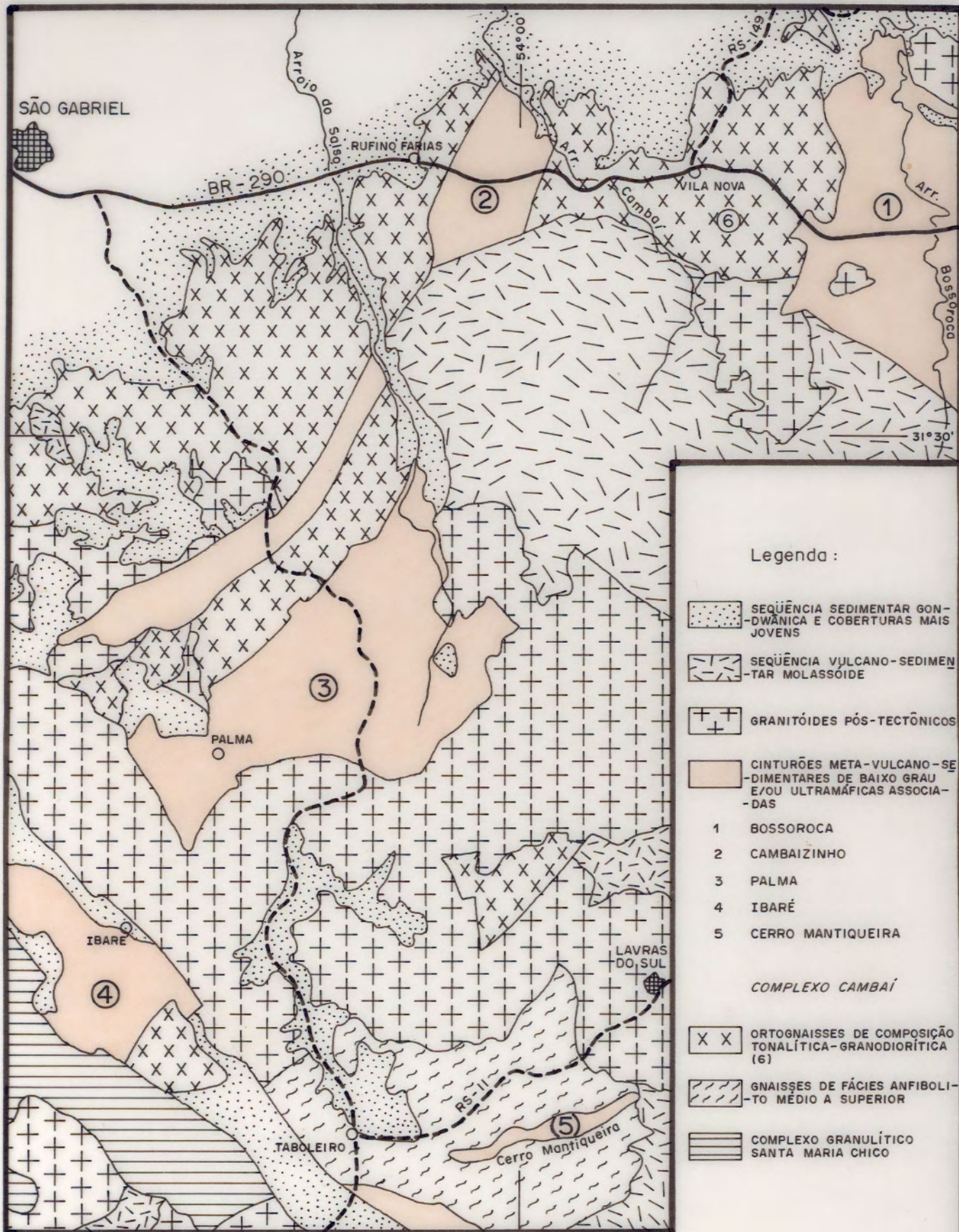
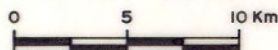


Fig. 1 - Esboço geológico do embasamento da região de Lavras - São Gabriel, RS. Modificado de NAUMANN (1985), HARTMANN & NARDI (1983), CPRM (1983).



ESCALA 1:330.000



& Hartmann, 1984, entre outros).

Embora estes trabalhos envolvessem estudos petrográficos, petrológicos, geoquímicos e geocronológicos bastante esclarecedores, algumas questões significativas, com relação a o origem das rochas máficas e ultramáficas ainda não estão completamente solucionadas. Uma das questões mais intrigantes, relaciona-se a origem (protólitos) dos xistos magnesianos, de ampla ocorrência nestas associações supracrustais.

Assim, no decorrer deste trabalho, serão abordadas algumas questões não esclarecidas como: (1) identificação e individualização das diferentes variedades de xistos magnesianos; (2) a natureza composicional do material que deu origem aos xistos magnesianos; (3) processos predominantes na geração e transformação destas rochas desde a sua origem; (4) avaliação dos graus de fusão da fonte (manto) necessários a geração destas rochas; (5) estimativa da composição do manto (fonte) nesta região a partir dos conteúdos de ETR e elementos traços encontrados nestas rochas.

Alguns estudos neste sentido foram efetuados por Hartmann, 1982; Moreira & Marimon, 1984; Zarpelon, 1986; Remus & Hartmann, 1986; Hartmann et al., 1987, entre outros e, contribuíram de maneira significativa para a elucidação destes problemas.

De modo mais abrangente, o objetivo do presente trabalho, compreende o estudo geológico e geoquímico do Complexo Cambaizinho e dos granitóides associados situados nas proximidades do Arroio Cambaizinho. Uma das metas, consideradas mais importantes consiste na demonstração, através destes estudos, da afinidade magmática das rochas máficas e ultramáficas entremeadas aos meta-sedimentos. Adicionalmente, visa determinar os protólitos dos gnaisses quartzo-feldspáticos encaixantes, a natureza composicional e idade dos Granitóides Sanga do Jobim intrusivos no Complexo e, finalmente, estimar as condições físicas (P/T) i

nerentes ao metamorfismo e deformação que afetaram estas litologias.

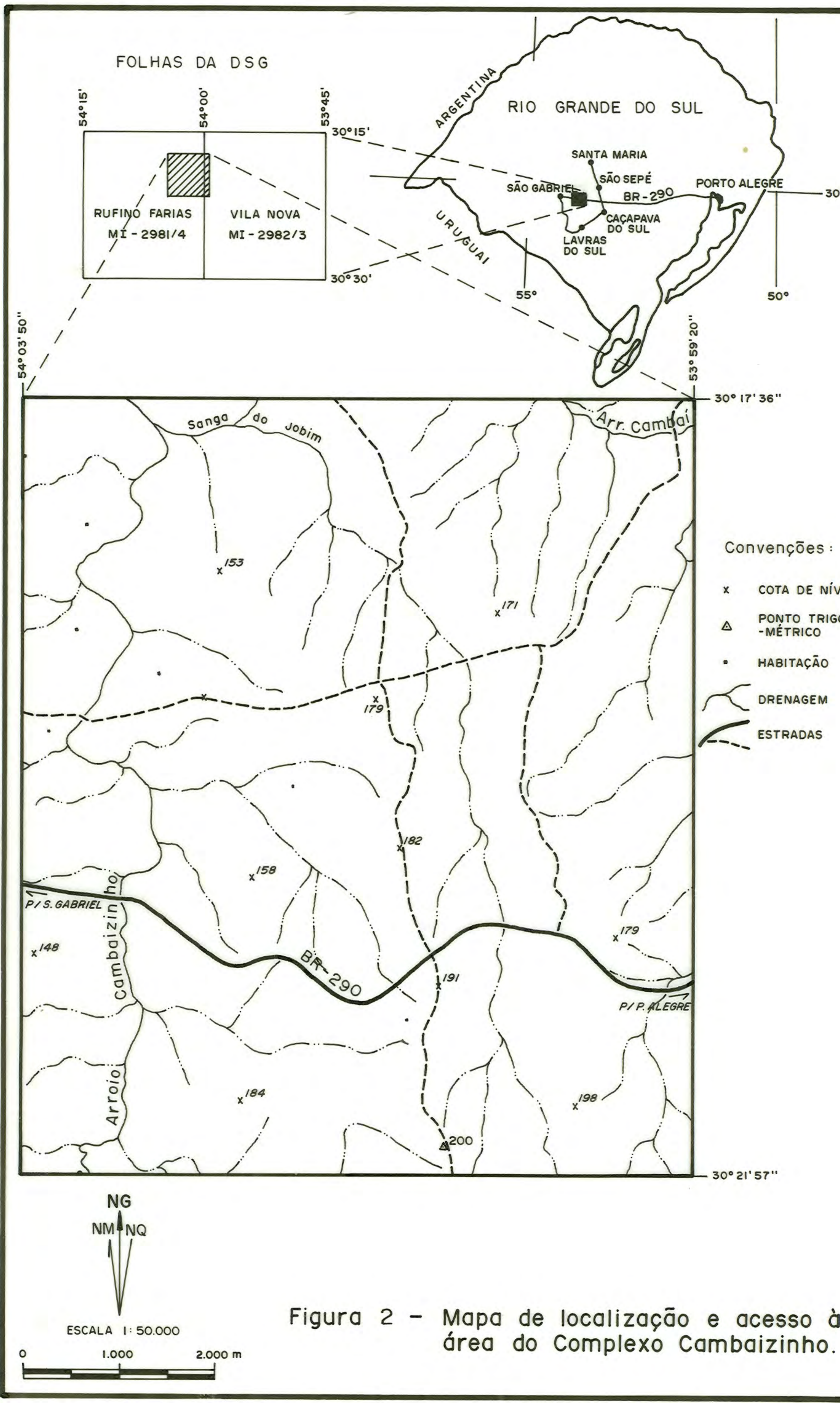
A área de estudo localiza-se no distrito de Vila Rufino Farias (São Gabriel/RS) sendo limitada pelos meridianos 53°59'20'' e 54°03'50'' e pelos paralelos 30°17'36''- 30°21'57'' e possui aproximadamente 60 Km² (fig. 02). O acesso ao local a partir de Porto Alegre é realizado pela rodovia Br-290 onde no Km-380, atinge-se o limite leste da área. Esta rodovia corta a área transversalmente às estruturas em toda a sua extensão no sentido leste-oeste aproximadamente. Estradas estaduais e municipais, as primeiras transitáveis o ano todo, atravessam a área nos sentidos E-W e N-S.

As condições climáticas locais são de zona temperada úmida, responsáveis pelas más condições de afloramentos. O relevo da região é caracterizado por colinas suaves com altitude média de 180 metros variando de 148 à 200 metros. Uma topografia de cristas NNE formadas por camadas de cherts, xistos magnesianos, corpos de serpentinitos e zonas silicificadas é mantida graças a erosão diferencial.

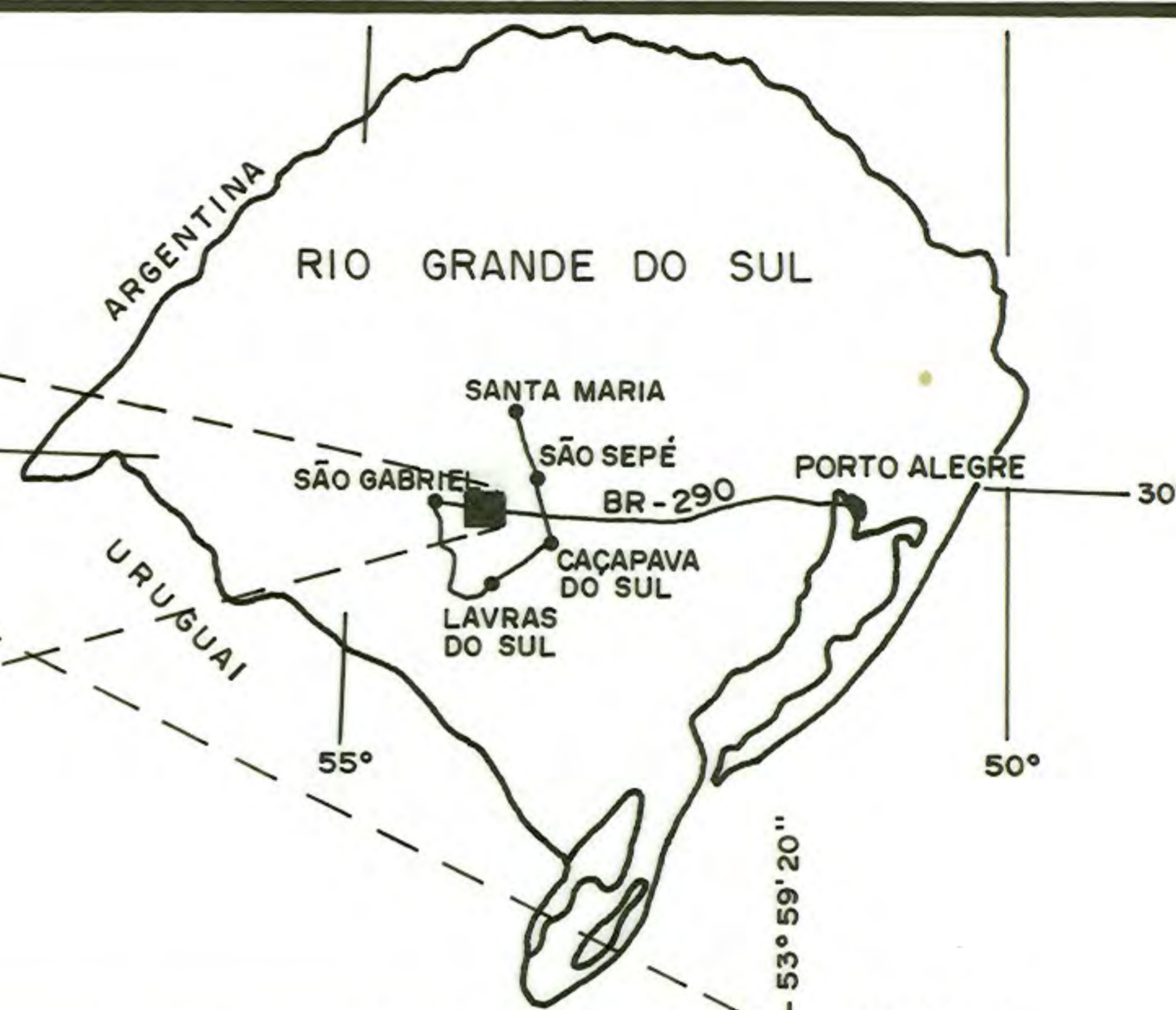
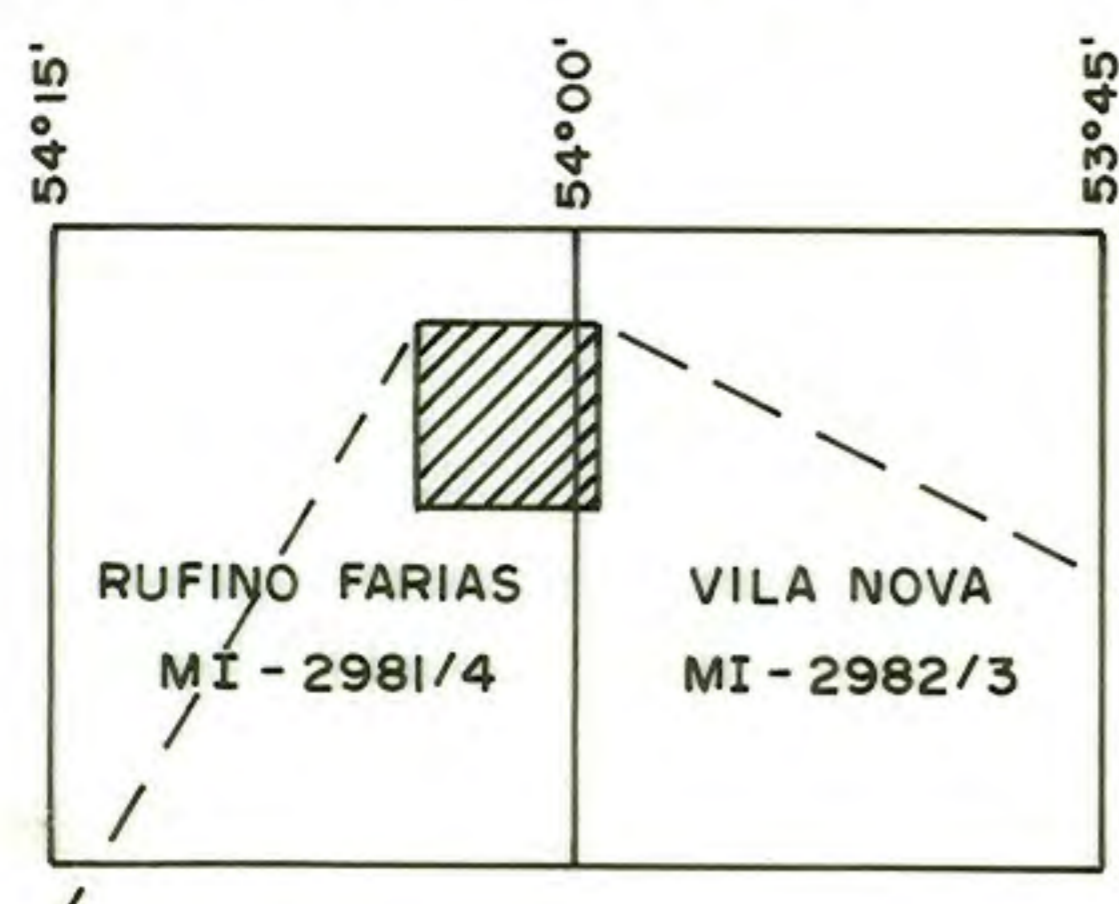
Materiais e métodos de trabalho

Os trabalhos de campo totalizaram aproximadamente 45 dias, tendo sido realizados entre os anos de 1983 e 1987. Nesta etapa foram utilizados, mapas do Serviço Geográfico do Exército Ministério do Exército (folhas Rufino Farias e Vila Nova nas escalas 1:50.000), fotografias aéreas na escala 1:25.000-1:60.000, e demais equipamentos do geólogo de campo. Durante o mapeamento geológico foram elaborados perfis geológicos transversais às estruturas, com levantamento de dados estruturais e coleta de amostras para estudos de laboratório.

As lâminas delgadas foram confeccionadas no Laboratório



FOLHAS DA DSG



Convenções :

- x COTA DE NÍVEL
- △ PONTO TRIGONOMÉTRICO
- HABITAÇÃO
- DRENAGEM
- ESTRADAS



ESCALA 1:50.000



Figura 2 - Mapa de localização e acesso à área do Complexo Cambaizinho.

rio de Laminação da Universidade do Vale do Rio dos Sinos, e os estudos de laboratório foram efetuados na Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Universidade de São Paulo. Estes trabalhos compreenderam estudos petrográficos, testes colorimétricos para feldspatos, análises químicas para elementos maiores e traços em rocha total, análises químicas de minerais por microsonda eletrônica e determinações geocronológicas pelo método Rb/Sr em granitóides e K/Ar em minerais de metagabros e de granitóides.

Cerca de 250 lâminas delgadas e 4 seções polidas foram estudadas com o auxílio de microscópio petrográfico binocular Olympus, modelo BHA, sendo selecionadas 63 amostras para análises químicas de elementos maiores, traços e subordinadamente elementos terras raras (ETR). Nas rochas graníticas realizou-se testes colorimétricos em amostras de mão para distinguir o quartzo e os feldspatos alcalino e plagioclásio. A superfície da amostra cortada (lisa) é imersa numa solução de ácido fluorídrico à 60% durante 15 à 30 segundos e após numa solução de cobaltinitrito de sódio durante 1 à 2 minutos, conforme recomendações de Hutchinson (1974).

O conteúdo dos elementos maiores de todas as amostras foram determinados no Laboratório de Análises Químicas de Minerais e Rochas do Instituto de Geociências da UFRGS, sob a responsabilidade da professora Dione Alves Pintaude e do autor. O MgO, MnO e Na₂O foram determinados por espectrometria de absorção atômica, utilizando-se um aparelho Perkin Elmer-703; a SiO₂, Al₂O₃, CaO, K₂O, TiO₂, P₂O₅ e Fe₂O₃ por espectrometria de fluorescência de raios-X, utilizando-se um aparelho semi-automático Geiger Flex Rigaku. O FeO foi determinado por volumetria, e a H₂O⁻ e voláteis por perda ao fogo a 105°C e 1000°C, respectivamente.

Os teores dos elementos traços Cr, Ni, V, Co, Y e Zr foram obtidos por espectrografia óptica de emissão empregando-se equipamentos de fabricação Werb Carl Zeiss, montagem Ebert com

chapas espectrográficas Kodak SA-1. O limite de detecção dos elementos analisados neste aparelho é de 50 ppm para o Zr e 10 ppm para os outros elementos. A dosagem do Zn e Cu foi efetuada por espectrometria de absorção atômica com limites de detecção de 1 ppm. Os teores de Rb, Sr e Ba foram determinados através de espectrometria de fluorescência de raios-X com limites de detecção de 5, 30 e 50 ppm respectivamente.

Adicionalmente, foram obtidos nos laboratórios da Open University, os dados referentes aos elementos traços (Cr, Ni, V, Zn, Cu, Zr, Rb, Sr, Ba, Y, Ga e Nb) para as amostras MR-990, MR-101, MR-62B, MR-63N, MR-630, MR-62H, MR-63H, MR-155, MR-156, MR-157, MR-158, MR-82, MR-111 e MR-83C assinaladas com asterisco (*) nas tabelas respectivas. Estes valores foram determinados pelo professor Dr. Léo A. Hartmann utilizando um aparelho Southamp^{ton}'s PW-1400 XRF (on powder pellets) com os seguintes limites de detecção (em ppm) Cr=5, V=5, Ba=15, Cu=5, Zn=2, Ni=2, Ga=2, Rb=2, Sr=2, Zr=2, Y=2, Nb=2.

As concentrações dos elementos terras raras, nas rochas da seqüência máfica-ultramáfica do Complexo Cambaizinho foram obtidos nos Laboratórios da Open University-Inglaterra pelo professor Dr. Léo A. Hartmann nas amostras assinaladas com asterisco (*), (MR-60, MR-62H, MR-63H, MR-102, MR-157, MR-111, MR-83C e MR-89) nas tabelas do capítulo de Geoquímica. As demais amostras listadas nas respectivas tabelas foram analisadas na GEOLAB - Divisão de Laboratórios da Geosol - Geologia e Sonda - gens Ltda; através de espectrometria de Plasma - ICP sob a responsabilidade técnica do Sr. Claudio Vieira Dutra.

A determinação da composição química de olivinas e anfibólios das amostras de serpentinitos e olivina-talco ultramafitos (MR-25, MR-27D, MR-990, MR-104 e MR-101), de anfibólios das amostras de anfibolitos (MR-62E e MR-111), plagioclásio (MR-62E) e para anfibólio e plagioclásio da amostra de granodiorito

(MR-88E), foram obtidos pelo autor através da microsonda eletrônica EMX-SM no Laboratório de Pesquisas Aplicadas do Departamento de Mineralogia e Petrologia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, durante estágio realizado pelo autor em 1984 sob a supervisão do professor Dr. Excelso Ruperti. Os dados composicionais complementares para os minerais das amostras assinaladas com asterisco (*) nas tabelas respectivas, foram obtidos pelo professor Dr. Léo A. Hartmann durante o segundo semestre de 1984 e primeiro semestre de 1985 no aparelho de Cambridge Instruments, Microscan 9 em condições de 20Kv e 30µA com "defocused spot" através da calibragem realizada pelo Dr. Andrew Tindle no Departamento de Geologia da Open University, Milton Keynes - Inglaterra.

Os dados radiométricos foram obtidos junto ao Centro de Pesquisas Geocronológicas da Universidade de São Paulo, CPGeo USP, durante estágio realizado pelo autor sob a orientação do professor Dr. Umberto G. Cordani no ano de 1984. Para a obtenção de uma isócrona Rb/Sr com sete pontos, foram selecionadas 7 amostras de granitóides a partir da dosagem semi-quantitativa de Rb e Sr num conjunto de 18 amostras coletadas, através da fluorescência de raios-X em equipamento Philips. As razões isotópicas Sr^{87}/Sr^{86} e Rb^{87}/Sr^{86} foram determinadas no espectrômetro de massa Varian Mat, tipo TH-5 segundo as normas do CPGeo. Foram ainda obtidos dados pelo método K/Ar em plagioclásios e anfibólios extraídos de uma amostra de metagabro e biotita de uma amostra de granodiorito. Para a separação destes minerais utilizou-se métodos manuais, líquidos de alta densidade e o separador magnético Frantz seguindo as especificações e normas do CPGeo.

GEOLOGIA DO EMBASAMENTO DO BLOCO SÃO GABRIEL

O Bloco São Gabriel (sensu Naumann et al., 1984), situado na porção ocidental do Escudo do Rio Grande do Sul corresponde a uma fração do Cráton do Rio de La Plata (Almeida et al., 1973). Este segmento crustal é constituído por litologias máficas-ultramáficas entremeadas a seqüências vulcano-sedimentares (supracrustais) de baixo a médio grau metamórfico e associações de rochas gnáissicas, graníticas e migmatíticas representando o embasamento Pré-Cambriano do escudo desta região.

Diversos corpos graníticos, predominantemente polifásicos (Lavras, São Sepé, Cerro da Cria, Ramada, Jaguari, entre outros) são intrusivos nestas seqüências e, juntamente com as associações vulcano-sedimentares (molassas) Eo-paleozóicas marcam o final do Ciclo Brasileiro nesta região.

As seqüências supracrustais receberam várias denominações nos trabalhos realizados até o início da década de 80, sendo referidas como Formação ou Sub-Grupo Vacacaí e/ou Grupo ou Sub-Grupo Porongos. As rochas máficas e ultramáficas associadas foram denominadas de Formação Cerro Mantiqueiras e/ou Formação Cerro do Ouro, enquanto que as associações de granito-gnaisses e migmatitos tem sido referidas à unidade Cambaí como Formação, Grupo ou Sub-Grupo (Gõni et al., 1962; Jost & Villwock, 1966; Ribeiro et al., 1966; Willig et al., 1974; Carraro et al., 1974; Ribeiro & Fantinel, 1978, entre outros).

A partir de 1981, houve uma tendência entre os pes -

quisadores de denominar estes cinturões supracrustais juntamente com as rochas máficas e ultramáficas associadas, de complexo, como por exemplo: Complexo Palma (Garcia & Hartmann, 1981), Complexo Ibaré (Naumann et al., 1984), Complexo Bossoroca (Koppe et al., 1985; Zarpelon, 1986) juntamente com as unidades granito-gnaiss e migmatitos associadas referidas como Complexo Cambaí, (Issler, 1983; Horbach et al., 1986; Naumann et al., 1984; Naumann, 1985).

A origem destas associações de rochas é ainda assunto de discussão e de modo geral existem três modelos propostos para explicar sua evolução geológica: (a) ofiolitos: neste modelo, as associações máficas-ultramáficas e vulcano-sedimentares representariam seqüências ofiolíticas tectonicamente inclusas nos complexos granítico-gnáissicos (Jost, 1966; Ribeiro & Fantinell, 1978; Ribeiro & Lichtemberg, 1978; Szubert et al., 1977, entre outros); (b) greenstone-belts: as seqüências supracrustais corresponderiam a lito-estruturas do tipo "greenstone-belts" e, a associação com rochas granito-gnáissicas constituiriam os terrenos "granite-greenstone" (Condie, 1981), de idade Proterozóica inferior a Arqueana (?) (Nardi & Hartmann, 1979; Fragoso César, 1980; Jost & Bittencourt, 1980; Hartmann & Nardi, 1983; Jost & Hartmann, 1984; Zarpelon, 1986); (c) "back-arc" ensialico: baseados em estudos de análises estrutural, geocronologia e petrogênese nas regiões de Vila Nova e Caçapava do Sul, alguns autores sugerem que estas associações teriam sua origem ligada a evolução de uma bacia marginal atrás de um arco magmático ("back-arc basin") desenvolvida durante o Ciclo Brasileiro (Silva Filho, 1984; Soliani Jr., 1986; Silva Filho e Soliani Jr., 1987). Embora, nesta região as idades obtidas sejam em sua maioria relacionadas ao Proterozóico superior (Cordani et al., 1974, Soliani Jr., 1986), elementos significativos para comprovar a ambiência geotectônica destes segmentos crustais tais como: metamorfismo de alta pressão, vul

canismo andesítico, tectonitos ultramáficos com cromita podifor_{me} entre outros, ainda não foram encontrados.

Desde então, muita atenção tem sido dada às principais áreas de ocorrência de rochas máficas-ultramáficas e seqüências vulcano-sedimentares. As regiões consideradas áreas chaves, nas quais se encontram disponíveis a maior parte dos dados, são as seguintes: (1) Bossoroca (Mata Grande), (2) Arroio Cambaizinho, (3) Palma, (4) Ibaré, (5) Cerro Mantiqueiras e (6) Vila Nova, conforme mapa da figura 01.

(1) Região da Bossoroca (Mata Grande)

São reconhecidas nesta localidade, três associações de rochas metamórficas: (a) do lado oeste (em direção a Vila Nova) afloram migmatitos, gnaisses e meta-granitos, atribuídos a unidade Cambaí; (b) uma faixa central, constituída por peridotitos, gabros, serpentinitos, meta-grauvacas e xistos magnesianos - variados, referíveis à Formação Cerro Mantiqueiras, e interpretados por Ribeiro e Fantinell (1978) e Szubert (1977) como parte de uma associação ofiolítica, tectonicamente alóctone, e (c) uma faixa situada a leste (em direção à Caçapava) representada por xistos e quartzitos atribuídos à Formação Vacacaí (Ribeiro e Fantinell, op. cit.).

O cinturão vulcano-sedimentar que engloba as duas últimas associações metamórficas, compreende uma seqüência de rochas máficas e ultramáficas, entremeadas a rochas vulcanoclásticas, denominadas de Complexo Bossoroca (Koppe et al., 1985) e interpretado como um greenstone-belt de idade Arqueana. Este Complexo exhibe concordância metamórfico-deformacional com a associação de granito-gnaisses e migmatitos (Complexo Cambaí, Horbach op. cit.), sendo constituído pela Seqüência Arroio Lageadinho (máficas, ultramáficas e vulcanoclásticas subordinadas) represen

tando a faixa intermediária, e a Sequência Campestre (vulcano-clásticas de composição ácida à intermediária com intercalações de sedimentos clásticos e químicos) referíveis aos metamorfitos situados a leste (Koppe et al., 1985).

Zarpelon (1986) denomina de Complexo Vila Nova (Silva Filho, 1984a) as ocorrências de rochas granito-gnáissicas e migmatíticas, as quais, representam o embasamento do Complexo Bossoroca e, semelhantemente a Ribeiro & Fantinell op. cit. reconhece que estas duas unidades foram geradas em ambientes geotectônicos distintos e colocadas lado a lado, através de falhamentos transcorrentes, pelos quais as seqüências vulcano-sedimentares adentram aos gnaisses na forma de enclaves tectônicos alóctones.

Descrições detalhadas do Complexo Bossoroca nas imediações da localidade homônima, realizados por Zarpelon op. cit. 'culminam com a definição do "Greenstone-Belt Cerrito de Ouro".' A base deste "greenstone" segundo o mesmo autor, está representada pela Sequência Arroio Lageadinho, constituída por serpentinitos, xistos magnesianos, vulcanoclásticas komatiíticas, xistos básicos (tufos ritmicos, basaltos e vulcanoclásticas toleíticas) de ambiente vulcânico submarino, nas quais intercalam-se lentes de cherts e formações ferríferas. A Sequência Campestre, separada da Sequência Arroio Lageadinho por falhas de empurrão e ou transcorrentes, forma o tópo do conjunto metamórfico e contém rochas meta-vulcanoclásticas andesíticas e riolíticas de afinidade cálcico-alcalina com intercalações de origem química e clástica.

Apesar deste cinturão ter sido afetado por cinco fases deformacionais, sendo as últimas três referidas ao Ciclo Brasileiro, e metamorfismo regional da fácies xistos verdes além de metamorfismo térmico (hb-cornubianito), feições texturais e estruturais de rochas vulcânicas máficas e ultramáficas encontram-se preservadas em alguns locais (Zarpelon, op. cit.).

(2) Região do Arroio Cambaizinho

Um dos primeiros trabalhos realizados na área objeto deste estudo refere-se ao mapeamento geológico de parte das folhas Rufino Farias (Arroio das Canas) e Vila Nova, pelos formandos da Escola de Geologia da UFRGS (1962). Neste levantamento, foi descrito um embasamento constituído por migmatitos homogêneos e heterogêneos, atribuídos à Formação Cambaí (Gõni op. cit.) referível ao Pré-Cambriano Médio. Sobreposto ao embasamento, considerou-se a ocorrência de ectinitos interpretados como pertencentes ao Grupo Porongos de idade Pré-Cambriano Superior (Gõni op. cit.).

Winge & Carreta (1962), trabalhando numa faixa da folha Rufino Farias dividem os ectinitos em três fácies distintas a) superiores (xistos à anfibólitos e talco), b) médios (anfíbólitos e biotita xistos), c) basais (quartzitos micáceos), como tendo sido derivados de seqüências carbonatadas, margosas e arenó-argilosas respectivamente. Estes autores indicam ainda que o metamorfismo desta área atingiu a mesozona ou a fácies anfibólito.

Issler et al., (1972) em mapeamento geológico do Grau de São Gabriel (escala 1:250.000) identifica para a área a ocorrência do Grupo Porongos e Cambaí de idade Pré-Cambriana. Neste trabalho os autores individualizaram o Grupo Porongos como uma faixa alongada NE constituída de rochas parametamórficas pertencentes à Formação Vacacaí e as ocorrências de rochas ultramáficas referentes à Formação Cerro Mantiqueira, esta última de origem ortometamórfica. O Grupo Cambaí caracterizado por ectinitos e migmatitos representava o embasamento de grau metamórfico mais elevado.

Posteriormente Szubert (1977) em mapeamento geológico da Vila Rufino (1:25.000) como parte do Projeto "Cobre nos

corpos básicos e ultrabásicos e efusivos do Rio Grande do Sul", identifica a ocorrência de duas associações do Pré-cambriano - médio pertencentes ao Grupo Cambaí: a) Associação ofiolítica - parcial constituída pelos Complexos Meta-sedimentar, Gabróico e Ultramáfico; (b) Associação Migmatítica ou Complexo Migmatítico basal formado por migmatitos homogêneos e heterogêneos.

Vieira (1981) realizou um estudo mineralógico, petrográfico e geoquímico do denominado Complexo Ultramáfico de Serrinha, situado na extensão sul da área objeto. Neste trabalho a autora considerou que as associações de rochas aí ocorrentes (serpentinitos e xistos magnesianos), estariam encaixadas através de falhas em migmatitos e granitos de anatexia pertencentes ao Grupo Cambaí de Ribeiro & Fantinell op. cit..O grau metamórfico das ultramáficas atingiu o fácies anfíbolito com a recristalização de olivina metamórfica e posterior serpentização.

Moreira & Marimon (1984) realizaram estudo petrográfico e químico de algumas amostras das ultramáficas da Serrinha identificando texturas de resfriamento rápido (spinifex) e afinidade geoquímica komatiítica para os serpentinitos.

Hartmann et al., (1987) efetuam um estudo petrográfico das texturas de algumas ocorrências de rochas ultramáficas - do Escudo Sul-riograndense e concluem que as olivinas observadas no Complexo Bossoroca e da região da Serrinha, são oriundas de metamorfismo de fácies anfíbolito, não reconhecendo texturas ígneas remanescentes nestas localidades.

(3) Região de Palma

O cinturão constituído por supracrustais e máficas-ultramáficas associadas, localizado nas cabeceiras do Rio Vacaí, tem sido trabalhado de maneira sistemática por Jost (1966); Jost & Villwock (1966); Jost (1970), entre outros, os quais cor-

relacionam os meta-sedimentos ocorrentes próximo a Vila Palma com os Filitos da Estação de Ibaré, incluindo estas seqüências na Formação Vacacaí do Grupo porongos.

Posteriormente Garcia & Hartmann (1981), propõe a designação de Complexo Palma para os meta-sedimentos de fácies "flysh" (quartzitos, pelitos, mármores e arcóseos) e metadacitos basaltos, peridotitos, piroxenitos, gabros, xistos magnesianos, e serpentinitos que ocorrem próximo à localidade de Palma. As unidades deste complexo apresentam metamorfismo da fácies anfibolito inferior com retrogressão para a fácies xistos verdes. A estrutura do cinturão é assinalada por três fases deformacionais com a foliação principal da seqüência com trend NE. Os autores ainda sugerem que, o Complexo Palma representa um "greenstone - belt" de idade Arqueana.

Chemalle Jr. (1982) subdivide o Complexo Palma nas seqüências Cerro da Cruz (ortometamórfica) e Ponta do Salso (parametamórfica). Naumann et al., (1984) redefine o complexo e propõe a denominação de Seqüência Cerro do Ouro em substituição à Seqüência Cerro da Cruz, constituída por uma associação de rochas máficas-ultramáficas, vulcânicas ácidas à intermediárias além de quartzitos e mármores. Os autores incluem nesta última unidade o maciço máfico-ultramáfico Passo do Ivo e a Formação Cerro do Ouro de Gõni et al., (1962). A Seqüência Pontas do Salso constituída por meta-vulcanoclásticas e xistos magnesianos permanece conforme proposição original.

As rochas ultramáficas do complexo, apresentam afinidade geoquímica komatiítica, enquanto que as meta-vulcânicas ácidas e básicas mostram tendências cálcico-alcalinas (Garcia & Hartmann, op.cit; Chemalle Jr., op.cit). Em concordância metamorfo-deformacional ocorrem meta-granitóides (Meta-granito Lageado Granito Lagoa da Meia Lua definidos por Chemalle Jr. op. cit.) e atribuídos ao Complexo Cambaí por Naumann et al., op. cit. Da

tações radiométricas através do método Rb/Sr, realizadas em três amostras destas unidades, e adicionando mais uma amostra da região do Arroio dos Jaques forneceram idade de 714 ± 49 Ma. (Soliani Jr., 1986).

Granitóides Brasileiros associados ao Lineamento de Ibaré, foram reunidos nas Suíte Intrusiva Santo Afonso (Granodiorito Santa Luzia, Monzogranito Santa Rita, São Manoel e Santo Antônio) e Suíte Intrusiva Jaguari (Granito Jaguari, Santa Zélia e Passo d'Areia) os quais apresentam características químicas transicionais entre alcalino e cálcico-alcalino, sendo considerados anorogênicos (Naumann et al., op. cit.).

(4) Região do Ibaré

Desde os trabalhos pioneiros de Carvalho (1932) seguindo-se os de Jost (1966), Jost & Villwock (1966) entre outros, esta área tem sido considerada como constituída por seqüências meta-vulcano-sedimentares e associações de rochas máficas-ultramáficas.

Trabalhos mais recentes, reúnem esta associação de rochas no Complexo Ibaré (Naumann et al., 1984), constituídos pela seqüência Corticeira e Bela Vista. A seqüência Corticeira (serpentinitos, xistos magnesianos, cornubianitos máficos, rodingitos e clorititos) mostra afinidade geoquímica komatiítica enquanto que a Seqüência Bela Vista (meta-arcóseos, formações ferríferas meta-grauvacas, meta-ritmito, meta-pelito e meta-vulcânicas básicas à intermediárias) mostram alguns termos com afinidade vulcanogênica. O conjunto encontra-se metamorfizado na fácies xistos verdes inferior com metamorfismo de contato superimpôsto, causado pelas intrusões graníticas adjacentes (Monzogranito Santa Rita e Granito Jaguari) descritos por Naumann (1985).

Fato bastante curioso é a posição espacial das foliações metamórficas e superfícies So da Sequência Bela Vista, as quais apresentam atitudes com trends NW e mergulhos para NE. Além disso, a forma geométrica desta sequência, alongada segundo NW, está em contraposição com os metamorfitos do Complexo Palma (separados pela intrusão do Monzogranito Santa Rita) que possuem foliações de direção NE e forma geométrica orientada segundo NE. Adicionalmente o grau metamórfico dos dois complexos é bastante distinto. Esta discordância metamórfica-estrutural verificada em mapas geológicos sugere em princípio que a Sequência Bela Vista pode ter uma origem diversa do Complexo Palma. Neste sentido, Nummer et al., (1987), levantaram a possibilidade de da Sequência Bela Vista pertencer a Formação Maricá, a qual, encontra-se afetada por metamorfismo dinâmico na zona de cisalhamento (Lineamento de Ibaré) de orientação NW.

(5) Região do Cerro Mantiqueiras

O embasamento a SW de Lavras do Sul, é constituído por gnaisses que variam composicionalmente desde termos félsicos, quartzo-feldspáticos até máficos, com variedades de anfibolitos, meta-hornblenditos e localmente calco-silicatados (Pinheiro Machado, em prep.). Meta-granitos e migmatitos derivados de meta-básitos contendo inclusões de granulitos e anfibolitos ocorrem associados, além de xistos blastomiloníticos com granada (Ribeiro & Fantinell, 1978).

Esta associação metamórfica, referível ao Complexo Cambaí, encaixante dos meta-ultramafitos do Cerro Mantiqueiras, apresenta-se metamorfizada na fácies anfibolito médio à superior concordante com o grau metamorfito do maciço ultramáfico localizado em sua porção central, que se apresenta serpentizado devido à fenômenos posteriores. (Pinheiro Machado em prep.).

Idades isocrônicas (Rb/Sr) em rocha total realizadas

em gnaisses com bandas máficas (anfíbolitos) e félsicas (quartzo-feldspáticas) e hornblenda gnaisses com evidências de retro metamorfismo indicam valores transamazônicos de 1.988 ± 133 Ma para esta associação (Soliani Jr., 1986). Por outro lado, idade de K/Ar de anfíbólios derivados de hornblenda gnaisses e meta-hornblenditos mostram valores variáveis de 685 à 816 Ma. (Pineiro Machado em prep.) registrando em parte a atuação do episódio Brasileiro nesta região.

(6) Região de Vila Nova (Arroio Cambaí)

A ocorrência de rochas gnáissicas e migmatíticas a florantes ao longo do curso médio do Arroio Cambaí foram descritas e interpretadas por Gõni et al. (1962), como constituídas por migmatitos homogêneos e heterogêneos os quais, denominaram de Formação Cambaí, representando a unidade basal (Pré-Cambriano inferior) do Escudo do Rio Grande do Sul.

Ribeiro & Fantinell (1978) denominam este conjunto de associação "granito-gnáissico-anfíbolito-peridotito-mármora", na qual os anfíbolitos são transformados em migmatitos através de processos anatéticos, produzindo bandas de segregação trondhjemíticas. Os autores sugerem ainda, que a anatexia seja de idade de Brasileira.

Silva Filho (1984) baseado em estudos de análises estrutural e petroquímica, assinala que esta unidade faz parte de uma associação de orto e paragneisses polideformados, cujas composições variam de diorítica passando por tonalíticas, trondhjemíticas até granodioríticas a qual denomina de Gnaisses Cambaí. A associação de rochas constituída por gnaisses, corpos básicos-ultrabásicos, diques riolíticos polideformados, quartzitos e mármores é designado pelo último autor do Complexo Vila Nova.

Os gnaisses graníticos e dioríticos apresentam meta-

morfismo de fácies anfibolito e foram intrudidos por rochas granitóides que se distribuem segundo dois grupos composicionais: (1) tonalitos e trondhjemitos, injetados durante o evento D_2 ; (2) granodioritos, adamelitos, riolitos e pegmatitos intrudidos durante o evento D_3 ; (Silva Filho, op. cit.).

Idades radiométricas (Rb/Sr em rocha total) demonstram que os Gnaisses Cambaí se desenvolveram durante o Ciclo Brasileiro, onde os gnaisses dioríticos apresentam idades de aproximadamente 700 Ma. e a suíte granitóide de aproximadamente 640 Ma. (Soliani Jr., 1986; Silva Filho & Soliani Jr. 1987).

Estudos complementares realizados nas regiões de Caçapava do Sul e Vila Nova, definem de maneira preliminar o Super Complexo Porongos (Silva Filho & Matsdorf, 1987) constituído em sua base pelos Gnaisses Cambaí de grau metamórfico mais elevado, e o Complexo Vacacaí (Teixeira et al., 1982) representando os níveis estruturais mais elevados.

GEOLOGIA DA ÁREA

A geologia da área situada nas imediações do Arroio Cambaizinho, compreende um conjunto de litologias de composição e origem diversas, metamorfisadas e polideformadas que representam o embasamento Pré-Cambriano desta região.

Este conjunto de rochas é constituído por uma associação supracrustal "gnaissificada" predominantemente sedimentar clástica, contendo intercalações de rochas máficas e ultramáficas intrudidos por magmas de composição variável desde granodioritos até sienogranitos. A ocorrência de gnaisses graníticos (ortognaisses) com bandamento de segregação metamórfica localizados na porção oeste da área indica aparentemente o embasamento para as supracrustais situadas a leste (Anexo I) sendo referidos neste trabalho como Complexo Cambaí (Issler et al., 1983; Horbach et al., 1986).

Complexo Cambaizinho

Na associação supracrustal, aqui designada de Complexo Cambaizinho distinguem-se duas seqüências rochosas: (a) seqüência meta-sedimentar, composta por gnaisses quartzo-feldspáticos dominantes, derivados de pelitos e semi-pelitos com intercalações de anfibolitos listrados (calco-silicatados) e subordinadamente de quartzitos. Estes vários tipos litológicos ocorrem na forma de horizontes persistentes ao longo da foliação de direção

NNE e gradam lateral e longitudinalmente ou intercalam-se como níveis centimétricos à métricos; (b) seqüência máfica-ultramáfica constituída por xistos magnesianos variados, serpentinitos, anfibolitos e metagabros, intercalados na seqüência meta-sedimentar na forma de horizontes concordantes com a foliação principal. Estas litologias possivelmente representam derrames máficos-ultramáficos e/ou diques e sills derivados de magmas komatiíticos. Intercalações de sedimentos químicos representados por cherts, formações ferríferas e rochas a turmalina e grafite são de ocorrência restrita.

Intrusões na seqüência supracrustal, na forma de lâminas (sheets) concordantes ou sub-concordantes com a foliação principal (S2) estão representados pelos Granitóides Sanga do Jobim.

As relações de contato entre o Complexo Cambaí situado a oeste e o Complexo Cambaizinho na porção leste da área é tectônico, estando representado por falhamentos de direção NNE com mergulhos verticalizados e possivelmente ligados a um sistema de falhas transcorrentes em condições semi-dúcteis

Seqüência Meta-Sedimentar

Na seqüência meta-sedimentar, a associação de gnais ses quartzo-feldspáticos predominam sobre os outros tipos litológicos (Anexo II). As melhores exposições dos gnaisses estão restritas à drenagens (especialmente Sanga do Jobim) e aos cortes de estrada (Br-290). Nas drenagens pode-se encontrar a rocha fresca enquanto que nos cortes de estrada e em vossorocas esta litologia apresenta um adiantado estado de alteração. Embora a identificação dos protólitos seja dificultada pelo metamorfismo e deformação e processos de alteração intempérica superpostos, esta unidade apresenta em vários locais, intercalações ritmicas

de camadas centimétrica à métricas com variações granulométricas e composicionais preservadas (fig. 3a e 3b), persistentes ao longo da foliação e repetidas transversalmente a esta. Em alguns níveis composicionais enriquecidos em micas (biotita xistos) ocorre a estauroлита, mineral índice, marcador do fácies anfibolito (Turner, 1981) para a seqüência supracrustal.

No interior da seqüência é possível individualizar nesta escala de trabalho (1:25.000) a predominância de alguns tipos litológicos sobre outros. Os quartzitos, de ocorrência subordinada estão representados por uma camada com aproximadamente 50 a 100 metros de largura por 2,5Km de comprimento situado na porção NW da área (Anexo I). As camadas e/ou lentes menores gradam para os gnaisses quartzo-feldspáticos com o aumento da quantidade de micas (biotita e muscovita) e/ou feldspatos.

Os anfibolitos bandados, por outro lado, representam o resultado do aumento da quantidade de anfibólios sobre os gnaisses quartzo-feldspáticos caracterizando-se em alguns locais gradações entre biotita gnaisses, hornblenda gnaisses até anfibolitos propriamente ditos (fig. 4a). No entanto, em algumas ocorrências, os contatos entre camadas (bandas) centimétricas à métricas de anfibolitos com gnaisses quartzo-feldspáticos, são nítidas e bruscas (fig. 4b) sugerindo uma origem ígnea para estes últimos anfibolitos. Assim, no mapa geológico estes dois tipos de ocorrências de anfibolitos foram agrupados e individualizados sob a denominação de anfibolitos bandados, estando representados pelos jazimentos com aproximadamente 200-350 metros de largura por 8,0Km de comprimento que se localizam na porção oeste da seqüência supracrustal.

A extensão lateral e longitudinal, persistente, destes horizontes composicionais leva a interpretação de que estes sedimentos foram depositados em ambiente subaquoso adquirindo uma forma ritmada relacionada possivelmente a processos de geração



(a)



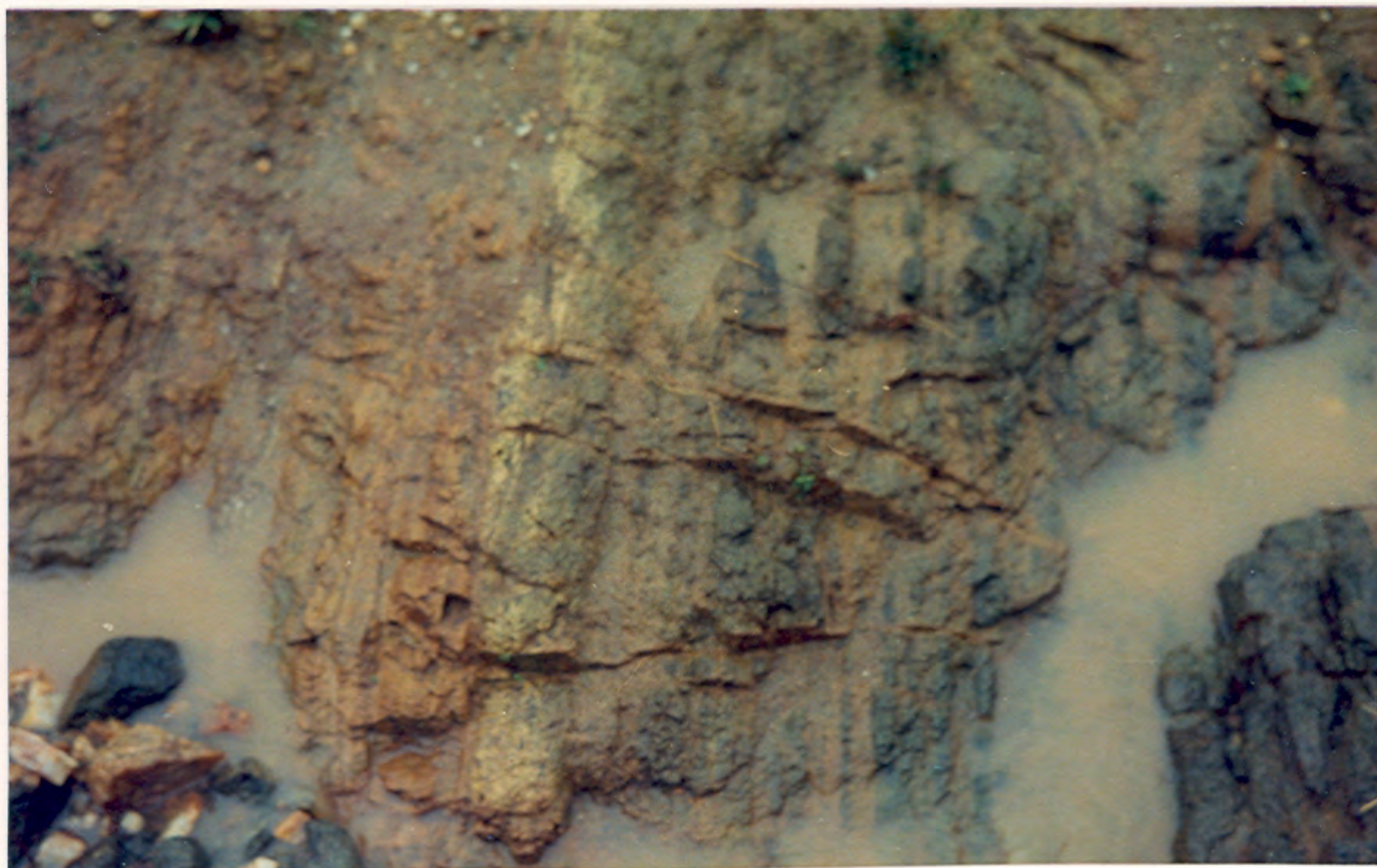
(b)

Fig.03 . Gnaisses quartzo-feldspáticos da seqüência meta-sedi_{men}tar do Complexo Cambaizinho:

(a) Aspecto do bandamento S1 cortado por veios graníticos dobra_{dos}, e/ou rompidos. Foto NE para SW do afloramento MR-58, em plan_{ta}; (b) bandamento composicional centimétrico onde as camadas ma_{is} competentes (quartzitos) apresentam-se boudinadas. Foto em planta do afloramento MR-233, localizado na Sanga do Jobim.



(a)



(b)

Fig.04. Anfibolitos bandados da seqüência meta-sedimentar do Complexo Cambaizinho:

(a) Alternância de bandas anfibolíticas (esverdeado) com níveis quartzo-feldspáticos (amarronado); Foto em planta do afloramento MR-187; (b) contato nítido entre os gnaisses quartzo-feldspáticos (esquerda) e os anfibolitos (direita), sugerindo derivação ígnea para os últimos. Foto em planta do afloramento MR-188 na mesma escala do anterior.

de turbiditos (?).

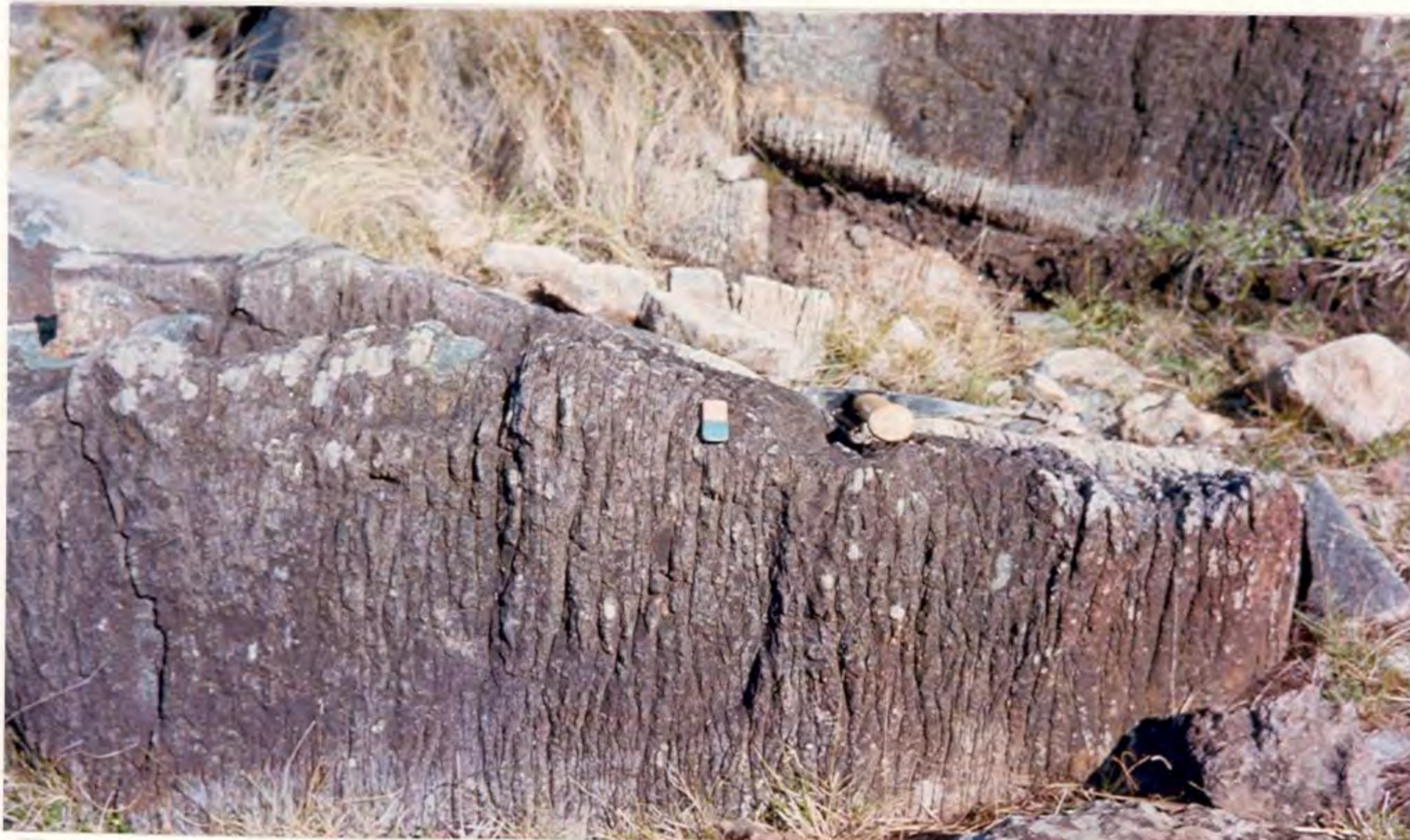
Seqüência Máfica-Ultramáfica

As unidades litológicas da seqüência máfica-ultramáfica ocorrem na forma de jazimentos estratificados na seqüência meta-sedimentar em várias escalas. Os serpentinitos ocorrem como camadas e/ou lentes alongadas segundo NNE entremeadas as seqüências do complexo (fig.5a). Estes metamorfitos hidratados possuem dimensões que não ultrapassam a 400 metros de comprimento e 70 metros de largura aflorante. Sua forma geométrica em planta é em geral elíptica (boudinada) tendo como encaixante os xistos magnesianos e/ou tabulares e encaixadas nos meta-sedimentos. Os afloramentos em geral possuem grau de fraturamento intenso, normalmente preenchidos por veios de crisolito (4,0mm à 2,0cm) sub-paralelos, as vezes se inter cruzando (fig. 5b). Veios de talco e antofilita da ordem de centímetros, mais raros cortam a rocha em várias direções sendo comumente encontrados nas ocorrências a norte da área (Arroio Cambaí). Processos de silicificação relacionados a alteração hidrotermal junto aos falhamentos são observados em ocorrências localizadas nas porções central e norte da área (Fig.6a).

Devido a resistência aos processos de intemperismo, os serpentinitos ocorrem como cristas alongadas formadas por uma série de blocos de dimensões centimétricas à métricas irregulares. A foliação é raramente presente neste tipo litológico e quando aparece, á bastante sutil (fig. 6b). Os afloramentos de maior expressão são encontrados em campo aberto a sul (Estância do Manuel Pereira) e próximo ao Arroio Cambaí ao norte sempre associados com os xistos magnesianos em suas adjacências. Alguns corpos de dimensões menores intercalam-se na seqüência meta-sedimentar ao longo de todo o complexo, fora da faixa central de a



(a)



(b)

Fig.05 Serpentinitos da seqüência máfica-ultramáfica do Complexo Cambaizinho:

(a) Camada de serpentinito boudinada tendo como encaixante xistos magnesianos variados. Afloramento na forma de crista NNE mantida por blocos de serpentinitos. Orientação da foto N para S ;
(b) sistema de fraturas (S2) em serpentinitos, preenchidos por veios milimétricos de crisolito. Foto em perfil, orientada de N para S do mesmo afloramento (MR-99) localizado na Estância do Manuel Pereira.



(a)



(b)

Fig.06 (a) Blocos de rochas ultramáficas silicificadas contendo um rendilhado de veios, relacionados a alteração hidrotermal em zonas de fraturas (falhas). Foto oblíqua do afloramento MR-174 ; (b) foliação S2 impressa nos bordos do corpo de serpentinito próximo ao contato com os xistos magnesianos (direita). Foto SSW para NNE do afloramento MR-75.

floramentos. O grau de serpentinização é bastante intenso e a olivina é raramente preservada nas ocorrências maiores, sendo possível a sua observação nos jazimentos de menor expressão.

Os xistos magnesianos predominam sobre os outros tipos litológicos da seqüência máfica-ultramáfica, compreendendo a maior expressão em área aflorante de rochas ultramáficas na região de estudo. Constituem camadas e/ou lentes homogêneas intercaladas na seqüência meta-sedimentar ou encontram-se associados aos anfibolitos e sedimentos químicos (cherts, formações ferriferas) ou às bordas de serpentinitos.

A faixa de ocorrência principal, localizada na porção central da área com orientação NNE e aflorante ao longo de toda a extensão da associação supracrustal, possui larguras variáveis entre 300 metros até aproximadamente 1,5Km (Anexo I). As melhores exposições aparecem ao longo da Br-290 próximo ao Km-388 (figs. 7a e 7b), e em cristas alinhadas muitas vezes associadas a vegetação de pequeno porte em campo aberto, seguindo linhas de orientação NNE concordantes com a foliação principal da área. De modo geral formam relevo positivo em consequência da resistência ao intemperismo. Afloramentos em leitos de arroios são mais raros, ao contrário dos meta-sedimentos encaixantes.

Camadas de xistos magnesianos de larguras da ordem de alguns metros intercalam-se nos meta-sedimentos através de quase toda a área do complexo se estendendo estas intercalações para além dos limites da área de estudo em direção a leste e sul. Em alguns locais é possível observar, finos níveis de larguras variáveis entre 1 à 10cm intercalados com os meta-sedimentos gerando em certos casos, rochas com aspecto gnáissico onde bandas a tremolita, talco e/ou clorita, intercalam-se com bandas 'quartzo-feldspáticos. Estas feições foram originadas possivelmente por injeções "lit-par-lit" ou por deposições cíclicas de derames ultramáficos finos ao longo de superfícies de sedimentação



(a)



(b)

Fig.07 Xistos magnesianos da seqüência máfica-ultramáfica do Complexo Cambaizinho:

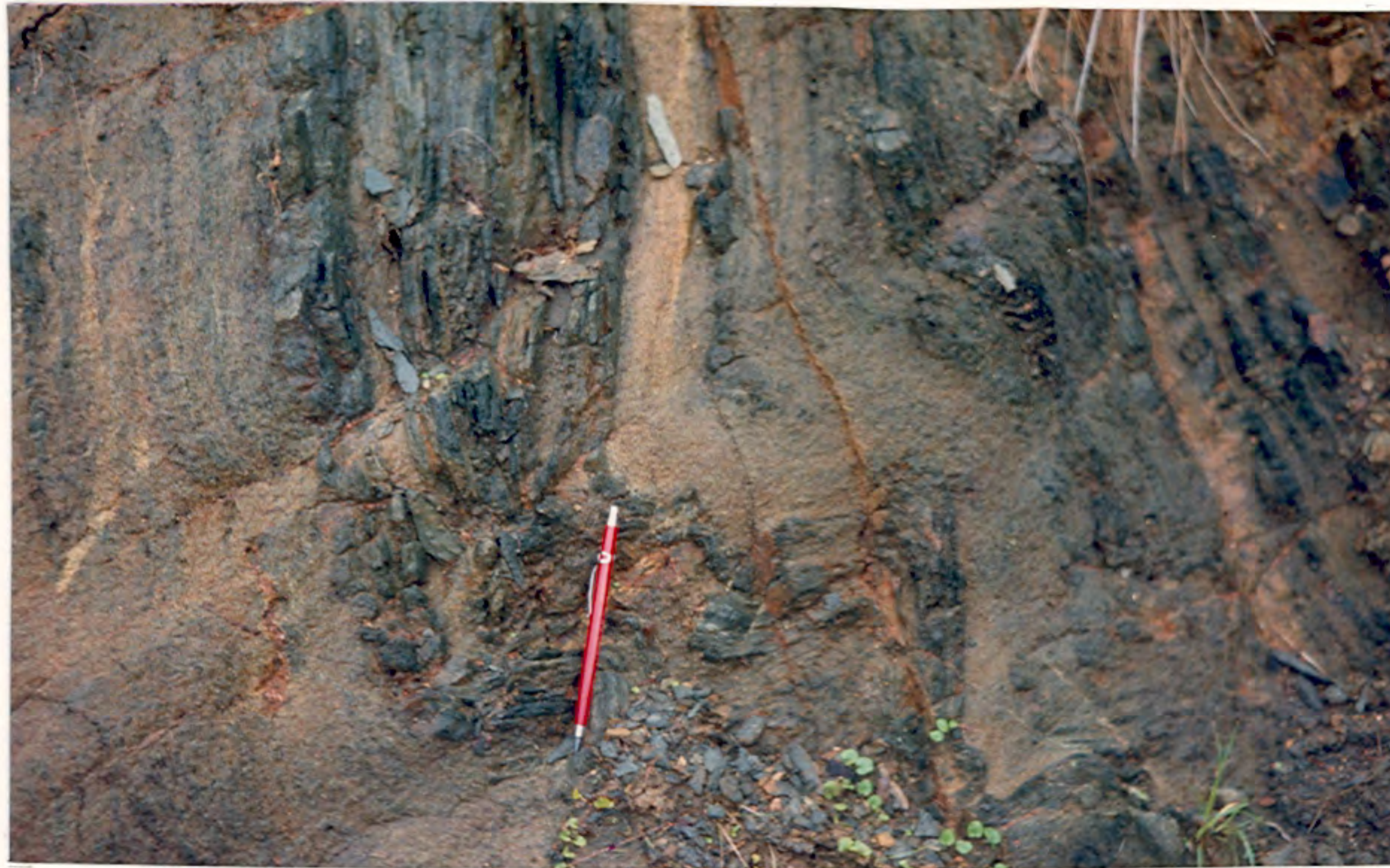
(a) Camadas de xistos magnesianos intercalados nos gnaisses quartzo-feldspáticos. Foto em perfil vertical orientada de N para S; (b) anfibolio-clorita xisto contendo clastos de cor verde escuro (ninhos de clorita) de forma elíptica com diâmetro maior orientado paralelamente ao eixos (LB2) das dobras F2. Foto em perfil vertical com orientação E para W. Afloramentos MR-62 e MR-63 localizados no Km-388 da Br-290.

(So) que pela sua extrema fluidez ocorrem nestas dimensões. Estas ocorrências em forma de jazimento estratificado, indicam uma origem ígnea extrusiva para a maioria destes ultramafitos. Feições similares, em outra escala, encontradas em serpentinitos foram descritas por Ribeiro (1981) nas proximidades do Arroio Candiotinha no município de Pinheiro Machado e interpretadas como derrames komatiíticos.

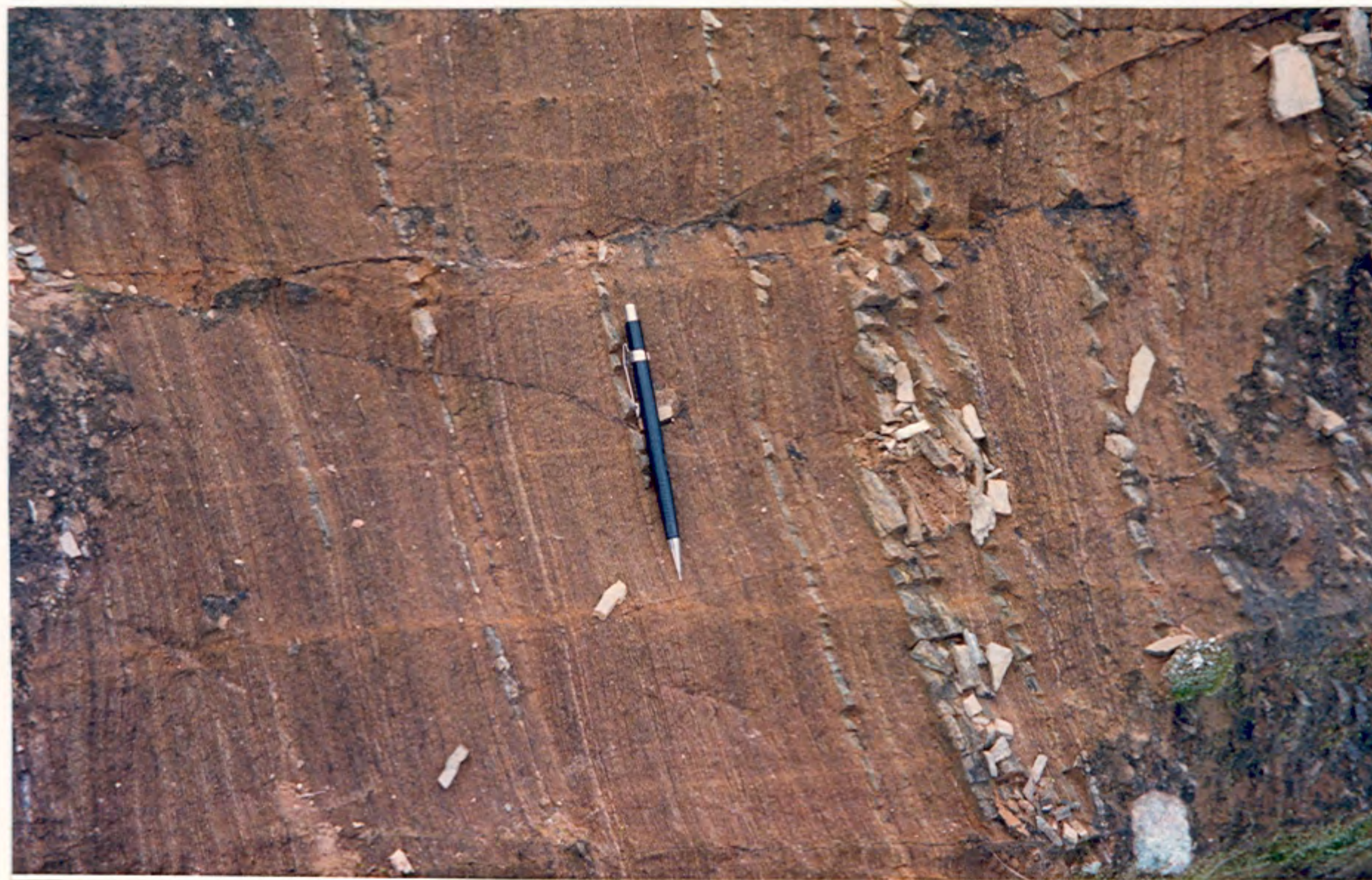
Os anfibolitos representam camadas contínuas com cerca de até 4,0 metros de largura aflorante, associadas aos xistos magnesianos ou com os meta-sedimentos e meta-cherts. No mapa geológico da área, estes metamorfitos foram agrupados juntos com os xistos magnesianos e representados pela mesma simbologia.

São distinguidas duas associações de campo principais para estas rochas: (a) camadas métricas associadas aos xistos magnesianos, para os quais, por vezes, gradacionam; (b) na forma de intercalações centimétricas à métricas em biotita gnaisses e sedimentos químicos.

A associação (a) é constituída por camadas de 0,5 à 4,0 metros de largura aproximadamente, intercaladas com níveis de xistos magnesianos e meta-cherts. No perfil da Br-290, nas proximidades do Km-388 observam-se níveis de xistos magnesianos com alguns centímetros de largura intercalados com camadas de anfibolitos com até 3,0 metros de largura, culminando com finas camadas de meta-cherts e/ou grafita-turmalina xistos (fig. 8a). Esta associação, xisto magnésiano-anfibolito e sedimentos químicos repete-se ciclicamente. As relações entre estes tipos litológicos pode ser interpretada como originadas de sucessões de derrames básicos diferenciados com períodos de quiescência representados pela deposição de sedimentos químicos. Neste sentido, estes xistos magnesianos associados, possivelmente representam cumulados da base de derrames básicos diferenciados e os sedimentos químicos (cherts e turmalina-grafita xistos) o topo destas



(a)



(b)

Fig.08 Anfibolitos de granulação fina da seqüência máfica-ultramáfica do Complexo Cambaizinho:

(a) Camadas de anfibolitos (derrames básicos) intercalados com xistos magnesianos exibindo dobras F2 assimétricas. Foto em perfil orientada de SSW para NNE do afloramento MR-62; (b) intercalações de finas camadas de anfibolitos (esverdeado) em biotita-gnaisses (amarronado). Foto em perfil (SW para NE) do afloramento MR-59.

sucessões, fornecendo localmente critérios de t^opo e a base para a seq^uência. Alternativamente esta associação de rochas pode ter sido originada pela alternância de derrames ultramáficos (xistos magnesianos) e básicos (anfibolitos) seguidos de deposição de se dimentos químicos.

A associação (b) constitui intercalações de níveis centimétricos à métricos de anfibolitos nos biotita gnaisses. Na altura do Km-387 da Br-290 (corte norte da estrada) ocorrem in ter cal aç õ es com larguras variáveis desde 0,5cm até 2,0 metros a proximadamente de anfibolitos finos em biotita gnaisses (fig.8b). Pode-se observar a ocorrência de meta-cherts (hidro-termalitos?) nos contatos entre biotita gnaisses e anfibolitos finos especial mente em camadas de maior largura. Estas intercalações provavel mente representem finos derrames e/ou tufos básicos depositados ciclicamente com os sedimentos (biotita-gnaisses).

Os metagabros ocorrem como corpos alongados segundo NNE, intercalados nos meta-sedimentos. Os afloramentos consistem de matacões, blocos e menos comumente de lajeados pouco extensos formando relevos aplainados ou deprimidos. Os contatos com as ro chas encaixantes estão encobertos, impedindo de se estabelecerem as relações cronológicas entre as unidades nas três ocorrências mapeadas.

As rochas derivadas de precipitações químicas são ra ras e estão representadas pelas ocorrências de níveis ou finas camadas de meta-cherts, formações ferríferas e grafite turmal ina xistos, as vezes gradacionais entre si e intercalados ao lon go da associação supracrustal.

Os meta-cherts ocorrem de duas maneiras principais :
(a) como camadas de 0,2 à 2,0 metros de largura intercalados com serpentinitos, nos contatos entre biotita gnaisses e anfibolitos ou entremeados aos gnaisses quartzo-feldspáticos. Possuem exten são aflorante de no máximo 80 metros aproximadamente; (b) ocor

rem como bandas milimétricas interacamadas com níveis centimétricos de xistos magnesianos (figs. 9a e 9b) ou como camadas de até 20cm de largura intercalados com anfibolitos e xistos magnesianos. Estas últimas formas de ocorrência individualizam camadas de anfibolitos e xistos magnesianos e marcam o tampo de possíveis derrames originais.

As formações ferríferas constituem camadas centimétricas (3 à 50cm) intercaladas na seqüência supracrustal. Ocorrem como pequenos afloramentos de blocos angulosos entremeados aos xistos magnesianos e serpentinitos. Possuem extensão aflorante de no máximo 25 metros. Os grafita-turmalina xistos constituem intercalações nos meta-sedimentos e na seqüência máfica-ultramáfica. Em algumas ocasiões gradacionam para formações ferríferas.

Granitóides Sanga do Jobim

Os granitóides Sanga do Jobim afloram nos cortes de estradas, em lajeados no leito dos arroios, ou como matacões em campo aberto. Possuem xenólitos, centimétricos de gnaisses quartzo-feldspáticos, anfibolitos bandados e de xistos magnesianos. Constituem corpos intrusivos no Complexo Cambaizinho durante a fase de deformação D2, observando-se relações sin à tardi-S2 (figs. 10a e 28b). Em planta possuem formas elípticas com o eixo maior orientado segundo NNE. Em perfil possuem contatos retilíneos com os gnaisses quartzo-feldspáticos definindo estruturas tabulares de diques, sills e veios, constituindo lâminas de larguras variáveis entre alguns centímetros até no máximo 500 metros (fig. 10b). As injeções mais finas encontram-se como veios boudinados ou dobrados dependendo da posição espacial destes corpos com relação ao campo tensional atuante a época da deformação.

Esta associação de rochas intrusivas varia composici



(a)



(b)

Fig.09 Metacherts da seqüência máfica-ultramáfica do Complexo Cambaizinho:

(a) Níveis finos de cherts intercalados em xistos magnesianos , contendo dobras em chama (F1); (b) dobras F1 isoclinais, marcadas por níveis milimétricos de cherts inter-acamadados com xistos magnesianos. Foto em planta dos afloramentos MR-62 e MR-62I respectivamente, localizados proxivamente ao Km-388 da Br-290.



(a)



(b)

Fig.10 Granitóides Sanga do Jobim.

(a) Lâmina de granito intrusivo nos gnaisses quartzo-feldspáticos. Os contatos são nítidos, retilíneos e concordantes com a foliação S2 dos gnaisses encaixantes. Foto em perfil (N para S)

(b) injeção granítica paralela a superfície axial das dobras F2 em gnaisses. Foto em perfil (S para N) dos afloramentos MR:59 localizados no Km-387 da Br-290.

onalmente desde granodioritos até sienogranitos com leucograni -
tos a granada, pegmatitos e aplitos de ocorrência subordinada.
Datações radiométricas Rb/Sr fornecem valores referentes ao Pro
terozóico superior estabelecendo assim a idade mínima para o Com
plexo Cambaizinho.