

General Disclaimer

One or more of the Following Statements may affect this Document

- This document has been reproduced from the best copy furnished by the organizational source. It is being released in the interest of making available as much information as possible.
- This document may contain data, which exceeds the sheet parameters. It was furnished in this condition by the organizational source and is the best copy available.
- This document may contain tone-on-tone or color graphs, charts and/or pictures, which have been reproduced in black and white.
- This document is paginated as submitted by the original source.
- Portions of this document are not fully legible due to the historical nature of some of the material. However, it is the best reproduction available from the original submission.

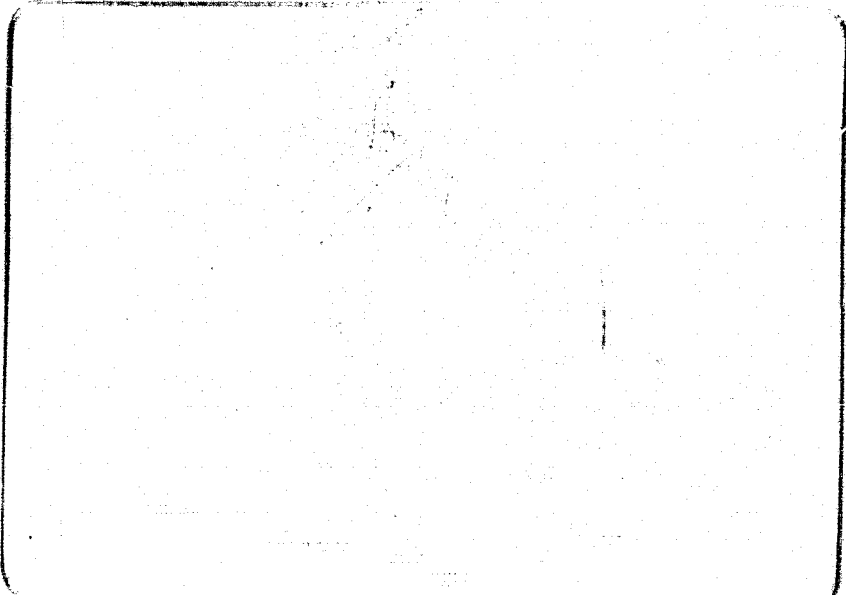
E83 10126

CR-169728



SECRETARIA DE PLANEJAMENTO DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA
CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO

Made available under NASA sponsorship
in the interest of
semination of Earth Resources Survey
Program information and without liability
for any use made thereof.



(E83-10126) ANALYSIS OF THE CHARACTERISTICS
APPEARING IN LANDSAT MULTISPECTRAL IMAGES IN
THE GEOLOGICAL STRUCTURAL MAPPING OF THE
MIDWESTERN PORTION OF THE RIO GRANDE DO SUL
SHIELD (Instituto de Pesquisas Espaciais,

N83-15795

Unclass
00126

G3/43

RECEIVED BY
NASA STI FACILITY

DATE:

11/16/82

DCAF NO.

082979

PROCESSED BY

- NASA STI FACILITY
- ESA - SDS AIAA



INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

1. Publicação nº INPE-2524-TDL/100	2. Versão	3. Data Set., 1982	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem DRH-DDS	Programa FRH/SER		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) IMAGENS MULTIESPECTRAIS MAPEAMENTO GEOLÓGICO-ESTRUTURAL CENTRO-OESTE DO ESCUDO SUL-RIOGRANDENSE			
7. C.D.U.: 528.711.7:550.8:528.4 (816.5)			
8. Título ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS APRESENTADAS EM IMAGENS MULTIESPECTRAIS DO SATÉLITE LANDSAT NO MAPEAMENTO GEOLÓGICO-ESTRUTURAL DA PORÇÃO CENTRO - OESTE DO ESCUDO SUL-RIOGRANDENSE		INPE-2524-TDL/100	
9. Autoria Tomoyuki Ohara		10. Páginas: 232	
		11. Última página: I.4	
		12. Revisada por <i>Gilberto Amaral</i> Gilberto Amaral	
Assinatura responsável <i>Laurinda</i>		13. Autorizada por <i>Nelson de Jesus Parada</i> Nelson de Jesus Parada Diretor	
14. Resumo/Notas Estudou-se a porção centro-oeste do Escudo Sul-riograndense (30° 00' a 31° 30' Sul e 52° 45' a 54° 30' Oeste), que envolve mapeamento geológico-estrutural, com o objetivo de testar o uso de imagens MSS-LANDSAT em regiões mineralizadas. A interpretação visual destas imagens, na escala de 1:500.000, consistiu basicamente na identificação e análise dos diferentes padrões tonais e texturais em cada banda espectral. Para complementar o estudo dos aspectos estruturais descritivos, realizou-se uma etapa de tratamento estatístico e a análise dos dados de fraturamentos da área estudada. Executaram-se, também processamentos automáticos no analisador I-100, dirigidos para realçar e/ou melhorar a cena original, através da aplicação de programas específicos como "contrast stretching" e realce pelas componentes principais nas regiões ampliadas (1:100.000) de Lavras do Sul, Minas do Camaquã e Passo do Marinho. De uma maneira geral, as imagens MSS-LANDSAT aplicadas neste estudo demonstraram possuir diversas vantagens devido ao seu caráter multiespectral (o canal 6 e as composições coloridas forneceram maiores informações) e a sua viabilidade sinóptica (aproximadamente 35.000 km ² de área imageada). Finalizando, pôde-se concluir que, mesmo em áreas geológicas suficientemente conhecidas, como é o caso da área estudada, a utilização de imagens MSS-LANDSAT mostrou-se, em geral, eficiente e possível de contribuição ao conhecimento geológico.			
15. Observações Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto aprovada em 25 de Março de 1982.			

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

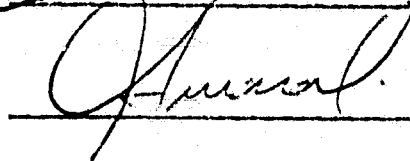
Aprovada pela Banca Examinadora
em cumprimento a requisito exigido
para a obtenção do Título de Mestre
em Sensoriamento Remoto

Dr. Icaro Vitorello



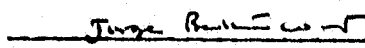
Presidente

Dr. Gilberto Amara



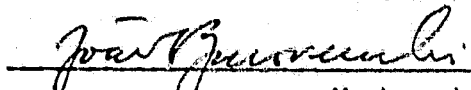
Orientador

Dr. Jorge Silva Bettencourt



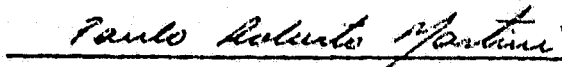
Co-Orientador

Dr. João Batista Moreschi



Membro da Banca
-convidado-

Gêo. Paulo Roberto Martini, MSc.



Membro da Banca

Original photograph may be purchased
from EROS Data Center
Sioux Falls, SD 57198

Candidato: Tomoyuki Ohara

ORIGINAL CONTAINS
COLOR ILLUSTRATIONS

São José dos Campos, 22 de dezembro de 1981

*A Yolanda, minha esposa, e aos meus
filhos, Viviane, Fernando e Daniel,
pela paciência, apoio e incentivo.*

AGRADECIMENTOS

O autor deseja expressar os melhores agradecimentos à Direção do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), na pessoa do Dr. Nelson de Jesus Parada, pela autorização deste trabalho.

Ao Sr. Renê Antonio Novaes, Coordenador do Departamento de Aplicações de Dados de Satélite do INPE, pela aprovação deste projeto.

Ao Dr. Gilberto Amaral e ao Dr. Jorge Silva Bettencourt pela constante orientação, esclarecimentos e apoio.

À Companhia Brasileira do Cobre, na pessoa do seu Diretor, Dr. Henrique Anawate, pelo apoio recebido durante a fase de trabalho de campo.

Ao engenheiro de minas Dr. Nero Passos e ao geólogo Marcelo José Ribeiro, assim como ao corpo técnico das Minas do Camaquã, pelos esclarecimentos e apoio.

Aos professores Clóvis Carlos Carraro e Hardy Jost, do Instituto de Geociências da UFRGS, pelos materiais bibliográficos, apoio e esclarecimentos.

Aos geólogos Paulo Roberto Martini e Dr. Ícaro Vitorello, assim como aos demais colegas do Departamento de Dados de Satélite do INPE, pelo incentivo e apoio recebidos.

Aos bolsistas de geologia, Antonio Carlos Bernardi e Antonio Misson Godoy, pela colaboração durante as diversas etapas deste trabalho.

Aos técnicos José Carlos Moreira e Edson Alves Ribeiro pela colaboração durante os trabalhos de processamento automático realizados no Image-100.

À Sra. Maria Bernadete Caetano de Souza, Sra. Graça Lair de Lima Aragão e ao Sr. Edson Ferreira de Araújo pelas colaborações na aquisição de imagens LANDSAT, de cartas topográficas e demais materiais de trabalho.

À Srta. Marília Prado de Carvalho pela revisão de linguagem do texto original.

E a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

ABSTRACT

The central-western part of Rio Grande do Sul Shield (limited by coordinates $30^{\circ}00'$ to $31^{\circ}30'$ South and $52^{\circ}45'$ to $54^{\circ}30'$ West) was geologically mapped to test the use of MSS-LANDSAT data in the study of mineralized regions. The visual interpretation of the images at the scale of 1:500,000 consisted, basically, in the identification and analysis of the different tonal and textural patterns in each spectral band. After the structural geologic mapping of the area, using visual interpretation techniques, the statistical data obtained were evaluated, specially data concerning size and direction of fractures. Furthermore, the Multispectral Image Analyser (IMAGE-100 System) was used to enlarge (up to 1:100,000) and to enhance the areas of Lavras do Sul, Minas do Camaquã and Passo do Marinheiro, using Contrast Stretching and Principal Components programmes. In conclusion, it can be stated that MSS-LANDSAT data offer several advantages over conventional white and black aerial photographs for geological studies, namely: a) its multispectral characteristic (band 6 and false-colour composition of bands 4, 5 and 7 were best suitable for the purposes of this study); b) coverage of a large imaging area of about 35,000 km², giving a synoptical view, very useful to perceive the regional geological setting. Finally one can conclude that, even in areas geologically well known, like the Rio Grande do Sul Shield, MSS-LANDSAT data can be very useful to improve structural geologic information.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS	<i>xv</i>
LISTA DE TABELAS	<i>xvii</i>
<u>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO</u>	1
1.1 - Generalidades	1
1.2 - Objetivos	3
1.3 - Fisiografia	4
1.3.1 - Condições climáticas	4
1.3.2 - Vegetação	7
1.3.3 - Principais unidades geomórficas	9
<u>CAPÍTULO 2 - MATERIAIS E MÉTODO</u>	13
2.1 - Materiais utilizados	13
2.2 - Método de trabalho	15
2.2.1 - Coleta de dados preexistentes	16
2.2.2 - Análise da bibliografia	16
2.2.3 - Interpretação das imagens	17
2.2.4 - Trabalho de campo	19
2.2.5 - Avaliação	20
2.2.6 - Elaboração de mapas e de relatório	20
<u>CAPÍTULO 3 - GEOLOGIA</u>	21
3.1 - Trabalhos anteriores	21
3.2 - Estratigrafia	27
3.2.1 - Grupo Cambá	29
3.2.2 - Grupo Porongos	31
3.2.3 - Sienito Gnáissico Piquiri	33
3.2.4 - Complexo Granítico Dom Feliciano	34
3.2.5 - Complexo Granítico Encruzilhada	35
3.2.6 - Granito Arroio dos Ladrões	36
3.2.7 - Granito Cordilheira e Migmatitos Associados	37
3.2.8 - Granito Prestes	38
3.2.9 - Granito Campina	39

	<u>Pág.</u>
3.2.10 - Grupo Bom Jardim	40
3.2.10.1 - Formação Maricã	41
3.2.10.2 - Formação Arroio dos Nobres	44
3.2.10.3 - Formação Cerro dos Martins	48
3.2.10.4 - Formação Hilário	50
3.2.10.5 - Granito de Caçapava	51
3.2.10.6 - Complexo Granítico Jaguari-Lavras do Sul	52
3.2.10.7 - Complexo Granítico de São Sepê	53
3.2.10.8 - Granito da Ramada	54
3.2.10.9 - Formação Acampamento Velho	55
3.2.11 - Grupo Camaquã	56
3.2.11.1 - Formação Santa Bárbara	57
3.2.11.2 - Formação Guaritas	58
3.2.12 - Formação Caneleiras	59
3.2.13 - Grupo Tubarão	60
3.2.13.1 - Subgrupo Itararé	61
3.2.13.2 - Subgrupo Guatã	62
3.2.14 - Grupo Passa Dois	64
3.2.14.1 - Formação Irati	65
3.2.14.2 - Formação Estrada Nova	66
3.2.15 - Grupo São Bento	67
3.2.15.1 - Formação Rosário do Sul	67
3.2.15.2 - Formação Serra Geral	68
3.2.16 - Formação Santa Tecla	69
3.2.17 - Depósitos Quaternários	70
3.3 - Tectônica e geologia estrutural	71
3.3.1 - Trabalhos anteriores	71
3.3.2 - Tectônica rígida	81
3.3.3 - Tectônica plástica	83
3.4 - Ocorrências cupríferas	85
3.4.1 - Grupo associado às rochas básico-ultrabásicas	86
3.4.2 - Grupo associado aos grandes derrames riolítico-andesíticos	87
3.4.3 - Grupo associado ao vulcanismo andesítico ligado aos <u>falha</u> <u>mentos</u> nordeste	89

	<u>Pág.</u>
3.4.4 - Grupo associado a plutões graníticos	93
3.4.5 - Grupo sem ligação visível com rochas ígneas	97
<u>CAPÍTULO 4 - ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS COM IMAGENS MSS-LANDSAT ...</u>	<u>105</u>
4.1 - Critérios para a discriminação de unidades estratigráficas .	105
4.2 - Tratamento estatístico e análise dos dados de fraturamentos.	137
4.2.1 - Análise estatística descritiva	138
4.2.2 - Análise dos mapas de células	141
4.2.2.1 - Mapa da distribuição de azimutes médios (vetores)	142
4.2.2.2 - Mapas de contornos	144
4.3 - Processamentos automáticos no analisador I-100	153
4.3.1 - Região de Lavras do Sul	155
4.3.2 - Região das Minas do Camaquã	158
4.3.3 - Região do Passo do Marinheiro	161
<u>CAPÍTULO 5 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</u>	<u>165</u>
5.1 - Quanto às unidades estratigráficas	165
5.2 - Quanto ao aspecto estrutural	171
5.3 - Quanto às ocorrências cupríferas	186
<u>CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES</u>	<u>191</u>
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	197
APÊNDICE A - MAPA GEOLÓGICO	A.1
APÊNDICE B - MAPA DE LINEAMENTOS E DE OCORRÊNCIAS DE COBRE	B.1
APÊNDICE C - MAPA GEOLÓGICO COMPILADO	C.1
APÊNDICE D - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS FOTOGEOLÓGICAS DAS UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS OBSERVADAS NO CANAL 6 E/OU COMPOSIÇÕES COLORIDAS DE IMAGENS MSS-LANDSAT	D.1
APÊNDICE E - MAPAS RESULTANTES DA ANÁLISE ESTATÍSTICA DO GRUPO DE TODOS OS FRATURAMENTOS (TOTAL)	E.1
APÊNDICE F - MAPAS RESULTANTES DA ANÁLISE ESTATÍSTICA DO GRUPO DE FALHAS	F.1
APÊNDICE G - MAPAS RESULTANTES DA ANÁLISE ESTATÍSTICA DO GRUPO DE FALHAS INFERIDAS	G.1

	<u>Pág.</u>
APÊNDICE H - MAPAS RESULTANTES DA ANÁLISE ESTATÍSTICA DO GRUPO DE LINEAMENTOS	H.1
APÊNDICE I - MAPAS RESULTANTES DO TRATAMENTO AUTOMÁTICO REALIZADO NO I-100	I.1

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1.1 - Localização da área e os municípios abrangidos	2
1.2 - Distribuição das isotermas no Estado do Rio Grande do Sul ..	6
1.3 - Esboço da vegetação, em 1972, no Estado do Rio Grande do Sul	8
1.4 - Distribuição das unidades geomórficas no Estado do Rio Grande do Sul	10
2.1 - Mapa de cobertura das órbitas-pontos de imagens MSS-LANDSAT, na área estudada	13
2.2 - Sequência de trabalho utilizada na pesquisa	15
3.1 - Coluna estratigráfica da área estudada	28
4.1 - Foto da região do arroio Camaquã Chico, ao norte de Bajé, obtida do canal 6 de imagens MSS-LANDSAT	107
4.2 - Foto da região de Vila Palma, obtida do canal 6 de imagens MSS-LANDSAT	108
4.3 - Foto da região a sudoeste do Passo do Marinheiro, obtida de composição colorida MSS-LANDSAT	109
4.4 - Foto da região a noroeste do Granito de Caçapava, obtida do canal 6 de imagens MSS-LANDSAT	110
4.5 - Foto da região de ocorrência do Sienito Gnáissico Piquiri, obtida de composição colorida MSS-LANDSAT	111
4.6 - Foto da região de Piratini, obtida de composição colorida MSS-LANDSAT	112
4.7 - Foto da região imediatamente a sudoeste do Passo do Marinheiro, obtida de composição colorida MSS-LANDSAT	113
4.8 - Foto da região a noroeste de Piratini, obtida de composição colorida MSS-LANDSAT	114
4.9 - Foto da região do arroio Pedregal, ao norte de Piratini, obtida de composição colorida MSS-LANDSAT	115
4.10 - Foto da região do Passo do Marinheiro, obtida de composição colorida MSS-LANDSAT	116
4.11 - Foto da região da desembocadura do arroio dos Vargas, obtida de composição colorida MSS-LANDSAT	117
4.12 - Foto da região ao sul de Lavras do Sul, obtida do canal 6 de imagens MSS-LANDSAT	118
4.13 - Foto da região das Minas do Camaquã, obtida do canal 6 de imagens MSS-LANDSAT	119
4.14 - Foto da região de Caçapava do Sul, obtida de composição colorida MSS-LANDSAT	121
4.15 - Foto da região a sudeste do planalto da Ramada, obtida do canal 6 de imagens MSS-LANDSAT	122

	<u>Pág.</u>
4.16 - Foto da região do Complexo Granítico Jaguari-Lavras do Sul, obtida de composição colorida MSS-LANDSAT	123
4.17 - Foto da região ao sul de São Sepê, obtida de composição colorida MSS-LANDSAT	124
4.18 - Foto da região do planalto da Ramada, a sudeste de Vila Nova, obtida de composição colorida MSS-LANDSAT	125
4.19 - Foto da região do planalto da Ramada, a sudoeste de Vila Nova, obtida do canal 6 de imagens MSS-LANDSAT	126
4.20 - Foto da região do vale do arroio Santa Bárbara, a oeste do Granito de Caçapava, obtida do canal 6 de imagens MSS-LANDSAT	127
4.21 - Foto da região a sudeste das Minas do Camaquã, obtida do canal 6 de imagens MSS-LANDSAT	128
4.22 - Foto da região ao norte-nordeste das Minas do Camaquã, obtida do canal 6 de imagens MSS-LANDSAT	130
4.23 - Foto da região do rio Camaquã, a sudeste de Santana da Boa Vista, obtida do canal 6 de imagens MSS-LANDSAT	131
4.24 - Foto da região a nordeste do Granito de Caçapava, entre os arroios Acangupã e Irapuã, obtida do canal 5 de imagens MSS-LANDSAT	132
4.25 - Foto da região a noroeste de São Sepê, obtida de composição colorida MSS-LANDSAT	133
4.26 - Foto da região do arroio Caiboatê Grande, a nordeste de São Gabriel, obtida de composição colorida MSS-LANDSAT	134
4.27 - Foto da região do banhado Santa Catarina, ao norte de São Gabriel, obtida de composição colorida MSS-LANDSAT	135
4.28 - Foto da região ao norte de Bajê, obtida do canal 6 de imagens MSS-LANDSAT	136
4.29 - Diagramas de frequência semi-circular, dos grupos de todos os fraturamentos fotogeológicos em conjunto (total) e daqueles classificados em falhas, falhas inferidas e lineamentos	139
5.1 - Matakão granítico do Complexo Granítico Dom Feliciano, no km 69 da rodovia Pelotas-Santa Maria (BR-392)	166
5.2 - Exposição de arenitos avermelhados das Camadas Varzinha da Formação Guaritas, na rodovia Caçapava do Sul-Minas do Camaquã	169
5.3 - Foto da região central da área estudada, obtida de composição colorida MSS-LANDSAT	173
5.4 - Sequência de ultramilonitos da Falha Aberta dos Cerros, ao norte de Santana da Boa Vista	174

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
2.1 - Relação das imagens multiespectrais (MSS) do satélite LAND SAT utilizadas no trabalho	14
3.1 - Principais características das ocorrências ou jazidas, que representam o grupo associado aos grandes derrames riolíticos co-andesíticos	88
3.2 - Principais características das ocorrências ou jazidas, que representam o grupo associado ao vulcanismo andesítico ligado aos falhamentos nordeste	90
3.3 - Principais características das ocorrências ou jazidas, que representam o grupo associado a plutões graníticos	94
3.4 - Principais características das ocorrências ou jazidas, que representam o grupo associado a plutões graníticos (encaixantes)	95
3.5 - Principais características das ocorrências ou jazidas, que representam o grupo sem ligação visível com rochas ígneas ..	98
3.6 - Situação das reservas das Minas do Camaquã em fevereiro de 1978	102
4.1 - Resultados dos diagramas de frequência semi-circular	140
4.2 - Relação das combinações obtidas entre filtros e programas utilizados no I-100, na região de Lavras do Sul	155
4.3 - Relação existente entre os aspectos discriminados e as composições coloridas analisadas na região de Lavras do Sul	157
4.4 - Relação das combinações obtidas entre os filtros e as principais componentes do programa "realce", na região das Minas do Camaquã	158
4.5 - Relação existente entre os aspectos discriminados e as composições coloridas analisadas na região das Minas do Camaquã ..	160
4.6 - Relação das combinações obtidas entre filtros e programas utilizados no I-100, na região do Passo do Marinheiro	161
4.7 - Relação existente entre os aspectos discriminados e as composições coloridas analisadas na região do Passo do Marinheiro	163

CAPITULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 - GENERALIDADES

O Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), órgão vinculado ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), tem desenvolvido pesquisas em levantamento de recursos naturais, utilizando técnicas de sensoriamento remoto.

Pelas características inerentes aos produtos do satélite LANDSAT (visão sinóptica, características multiespectrais, repetitividade de cobertura imageada), aliada ao baixo custo por quilômetro quadrado de área mapeada e à considerável redução do tempo operacional, a utilização de novas técnicas de sensoriamento remoto, aplicadas em mapeamento geológico regional, tem-se mostrado de grande importância.

A área estudada situa-se predominantemente no chamado "Escudo Sul-riograndense", mais especificamente em sua porção centro-oeste, entre os paralelos de 30°00' a 31°30' de latitude sul e de 52°45' a 54°30' de longitude oeste, que perfaz uma superfície aproximada de 28.000 km² (Figura 1.1). Esta área é abrangida (total ou parcialmente) pelos municípios de Bajé, Cachoeira do Sul, Caçapava do Sul, Cangussu, Dom Pedrito, Encruzilhada do Sul, Lavras do Sul, Pedro Osório, Pinheiro Machado, Piratini, Santana da Boa Vista, São Gabriel e São Sepé.

Existem nesta área muitas estradas federais, estaduais e municipais, mantidas em boas condições de tráfego, o que torna fácil o acesso a todas as direções, com exceção de algumas localidades que são, praticamente, isoladas em épocas demasiado chuvosas. Há também a ferrovia da V.F.R.G.S., que circula na área estudada, numa direção aproximada de noroeste a sudeste.

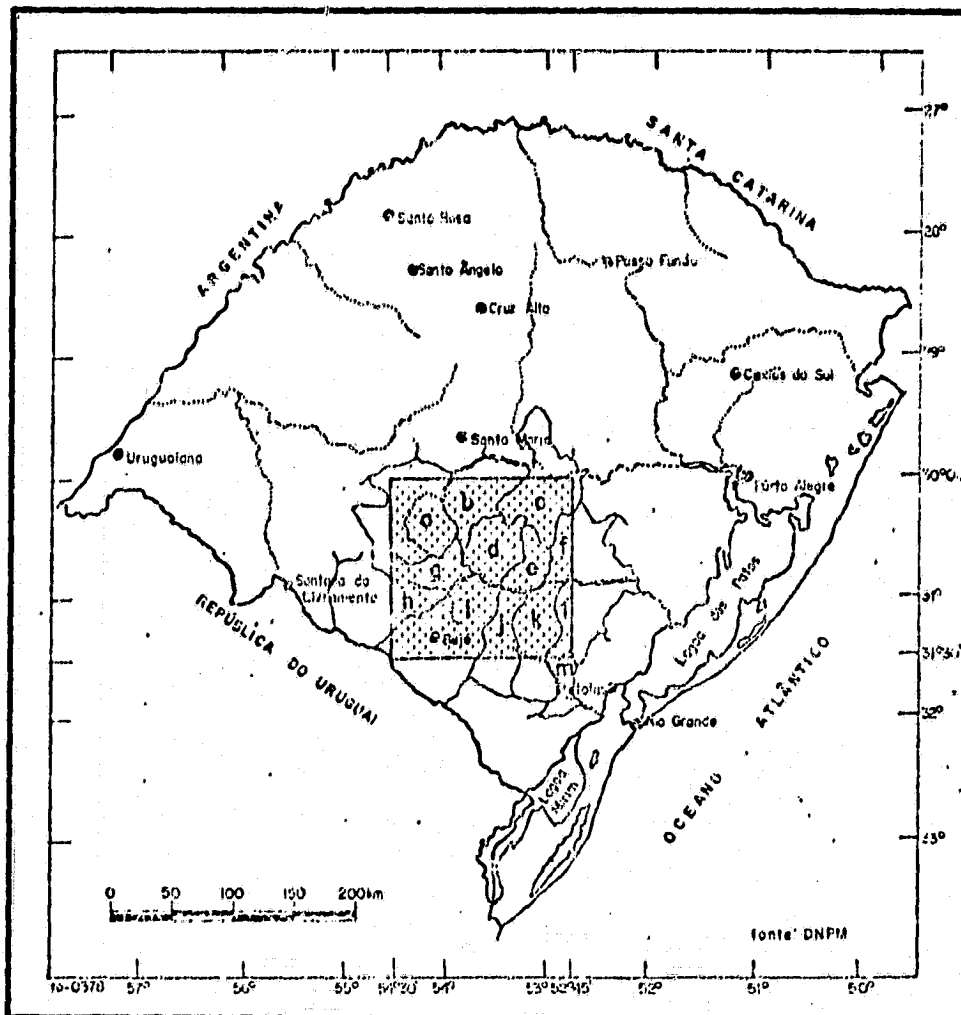


Fig. 1.1 - Localização da área estudada e os municípios abrangidos.

FONTE: Brasil. MME/DNPM (1975), p. 39.

Os municípios abrangidos são: a) São Gabriel; b) São Sepe; c) Cachoeira do Sul; d) Caçapava do Sul; e) Santana da Boa Vista; f) Encruzilhada do Sul; g) Lavras do Sul; h) Dom Pedrito; i) Bajé; j) Pinheiro Machado; k) Piratini; l) Cangussu; m) Pedro Osório.

Os numerosos rios e cursos d'água menores que drenam a área estudada pertencem às bacias hidrográficas do rio Jacuī (ao norte), do rio Camaquã (ao sul) e do rio Santa Maria (a oeste).

1.2 - OBJETIVOS

A área delimitada no presente estudo é constituída por uma grande complexidade geológica, consequente da atuação de diversos esforços tectônicos sobre rochas constituintes do Escudo Sul-riograndense. A área foi assim delimitada por conter todas as ocorrências de cobre conhecidas do Rio Grande do Sul, com exceção daquelas localizadas no chamado "Planalto Basáltico".

Com o intuito de desenvolver pesquisas em áreas com ocorrências minerais, particularmente minérios de cobre, foi proposto um estudo que envolve mapeamento geológico-estrutural da porção centro-oeste do Escudo Sul-riograndense, com o objetivo geral de testar o uso de imagens multiespectrais do satélite LANDSAT (MSS-LANDSAT) em regiões mineralizadas.

Dentre os objetivos específicos, tentou-se:

- a) integrar as informações geológicas preexistentes para uma regionalização das unidades estratigráficas, através de estudos com imagens MSS-LANDSAT;
- b) discriminar e individualizar os corpos graníticos que recortam rochas migmatíticas da região de Piratini, anteriormente conhecidos, porém nunca individualizados em mapas geológicos até o trabalho de Ribeiro (1977);
- c) individualizar os dois membros da Formação Guaritas (Camadas Guarda Velha e Camadas Varzinha) proposta formalmente por Ribeiro e Lichtenberg (1978), porém nunca cartografados em trabalhos anteriores;

- d) acrescentar e/ou buscar evidências da existência de estruturas rúpteis ainda não assinaladas em mapas anteriores, visto que as imagens multiespectrais do satélite LANDSAT, especialmente os canais 6 e 7, registram e destacam as descontinuidades existentes no terreno;
- e) verificar o padrão geométrico geral dos fraturamentos obtidos em interpretação de imagens MSS-LANDSAT, através de tratamento estatístico computacional;
- f) verificar a relação existente entre a localização geográfica das diversas ocorrências cupríferas, em função dos aspectos estruturais e lito-estratigráficos superficiais; e
- g) verificar as possíveis características diferenciais entre zonas mineralizadas e não-mineralizadas de algumas áreas com ocorrências minerais características e/ou bem estudadas, através de processamentos automáticos no Analisador Multiespectral Image-100.

1.3 - FISIOGRAFIA

1.3.1 - CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

As condições climáticas discutidas nesta seção foram baseadas nas descrições de Nimer (1977), utilizando-se diversos de seus termos técnicos.

O clima regional do sul do País possui uniformidade em sua pluviometria e em seu ritmo estacional, ou seja, domínio exclusivo e quase absoluto do clima mesotérmico do tipo temperado. A homogeneidade e unidade climática desta região deve-se a fatores e processos genéticos que atuam sobre as condições de tempo nela reinantes, tais como posição latitudinal e marítima e fator geográfico de relevo.

A área estudada possui altura média de precipitação anual ao redor de 1.500 mm; a época de concentração máxima da precipitação é basicamente de maio a julho na porção sudoeste da área, e de julho a setembro na porção nordeste; os meses chuvosos são basicamente novembro, dezembro e março na porção nordeste, e novembro, dezembro e fevereiro na porção sudoeste.

A temperatura da região Sul do Brasil exerce um papel semelhante ao da pluviosidade, ou seja, o papel de unificadora e uniformizadora do clima regional, o que implica que existe uma relativa semelhança que não permite a determinação de áreas intra-regionais muito distintas. Como pode ser verificado na Figura 1.2, a área estudada possui sua temperatura média anual ao redor de 18°C , isoterma esta que acompanha uma altitude de 200 metros. A temperatura do mês mais quente (janeiro) varia de 21° a 26°C e a do mês mais frio (julho) varia de 15° a 11°C .

O número de ocorrências de geada varia de 10 a 30 dias por ano, distribuídas na área em função da variação latitudinal, da influência moderadora do mar e do relevo existente.

As condições climáticas reinantes numa região influenciam a cobertura vegetal, a espessura do manto de alteração das rochas, a morfologia do relevo, o nível hidrostático, etc.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

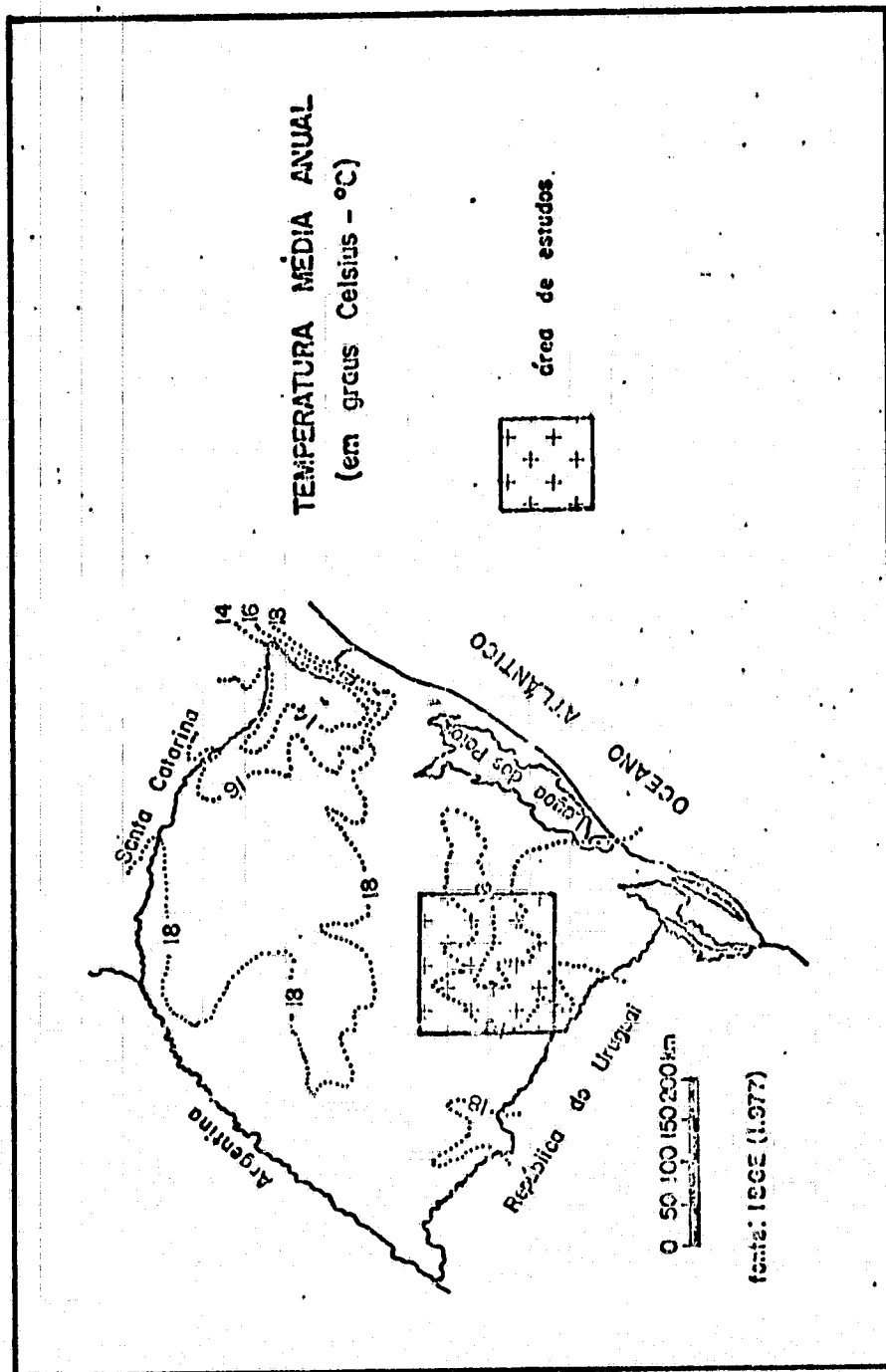


Fig. 1.2 - Distribuição das isotermas no Estado do Rio Grande do Sul.

FONTE: Fundação IBGE (1977), p. 52.

1.3.2 - VEGETAÇÃO

Segundo Alonso (1977), a cobertura vegetal da região Sul do Brasil, sobrepujada em áreas pelas características subtropicais, apresenta-se com poucas características tropicais.

Um esboço da vegetação no Estado do Rio Grande do Sul, em 1972, é mostrado na Figura 1.3, que sintetiza a classificação apresentada por Lima em 1966 (Alonso, 1977). Segundo esta classificação, a área estudada situa-se totalmente nas formações campestres, ou seja, nos Campos da Campanha Gaúcha que está intimamente ligada a uma topografia suave a coliniforme, com formas bem arredondadas; apresenta-se numa cobertura herbácea contínua que pode estar entremeadada de subarbustos isolados ou em tufos. Entre os componentes da flora destacam-se os gêneros Gramineae e Cyperaceae, como formadores do tapete herbáceo.

Ao longo dos córregos cresce uma vegetação densa, entremeadada de cipós e trepadeiras, de altura baixa a média, que forma as chamadas matas-galerias.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

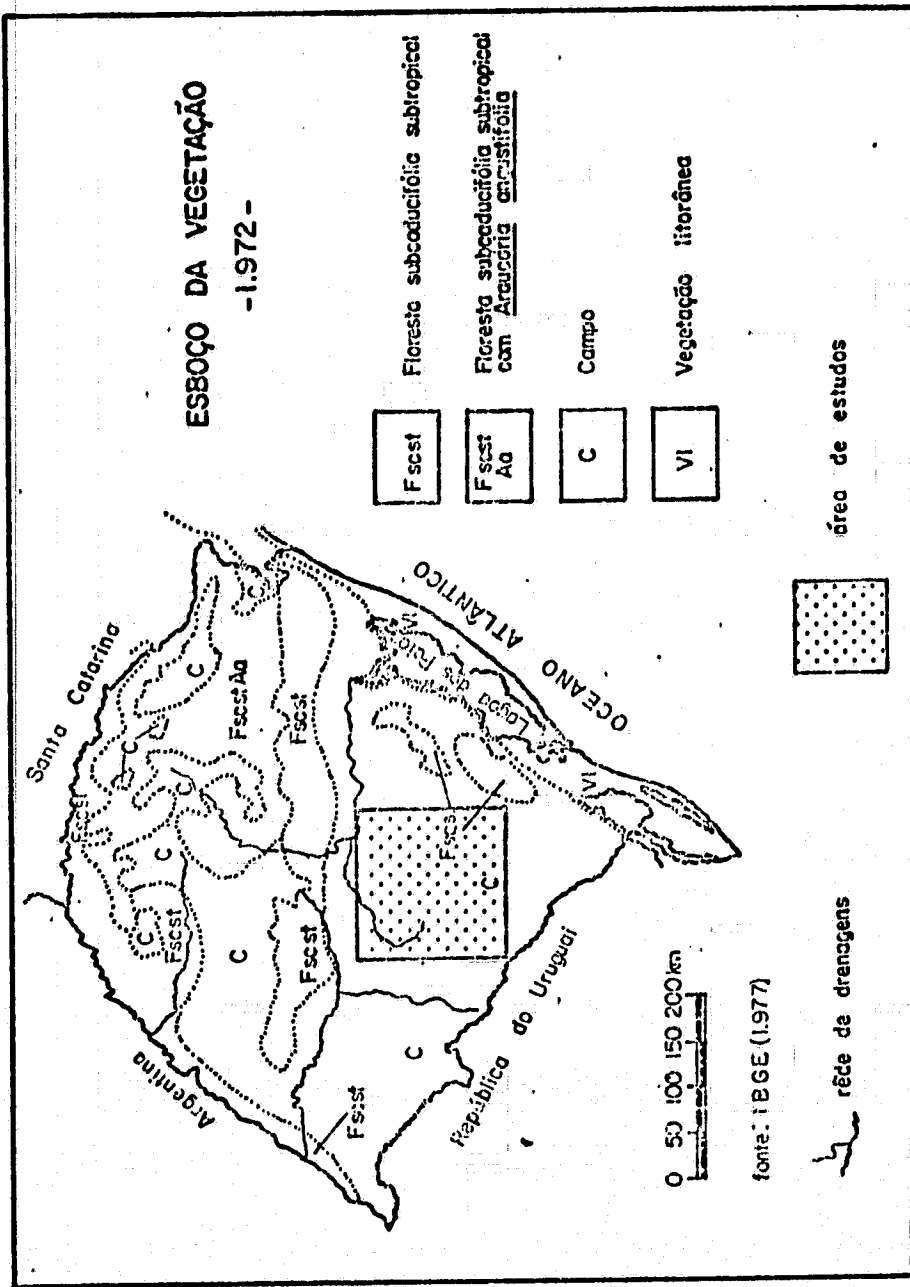


Fig. 1.3 - Esboço da vegetação, em 1972, no Estado do Rio Grande do Sul.

FONTE: Fundação IBGE (1977), p. 107.

1.3.3 - PRINCIPAIS UNIDADES GEOMÓRFICAS

A área mapeada está representada parcialmente por duas grandes unidades geomórficas: o Escudo Sul-riograndense e a Depressão Periférica, as quais estão intimamente relacionadas com a natureza, distribuição e estrutura das unidades geológicas regionais (Figura 1.4).

A Depressão Periférica do Rio Grande do Sul constitui uma faixa de terras mais baixas, ao longo da periferia do Escudo Sul-riograndense, situando-se entre este e o Planalto Basáltico da Formação Serra Geral (mais ao norte, além da área mapeada).

Esta faixa de terras mais baixas apresenta seu maior desenvolvimento na parte central do estado, com a direção leste-oeste, sofrendo inflexão para sudoeste, sul e sudeste na altura das localidades de São Gabriel e Rosário do Sul, adentrando-se na República do Uruguai, na região próxima a localidade de Bajé.

As altitudes nesta faixa de terras mais baixas variam entre 30 e 150 metros, apresentando um relevo ondulado das coxilhas e parcialmente em degraus, característico de terrenos sedimentares não-dobrados, onde as camadas mergulham suavemente (1 a 1,5 grau) para norte. Como decorrência natural da estrutura geomórfica descrita, nesta faixa desenvolve-se uma das mais importantes bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul, a bacia do rio Jacuí.

Na Depressão Periférica jazem as formações gonduânicas dos grupos Tubarão, Passa Dois e São Bento (Formação Rosário do Sul), e junto às drenagens de maior porte formam-se extensas áreas aluviais, onde frequentemente encontram-se banhados de grande envergadura.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

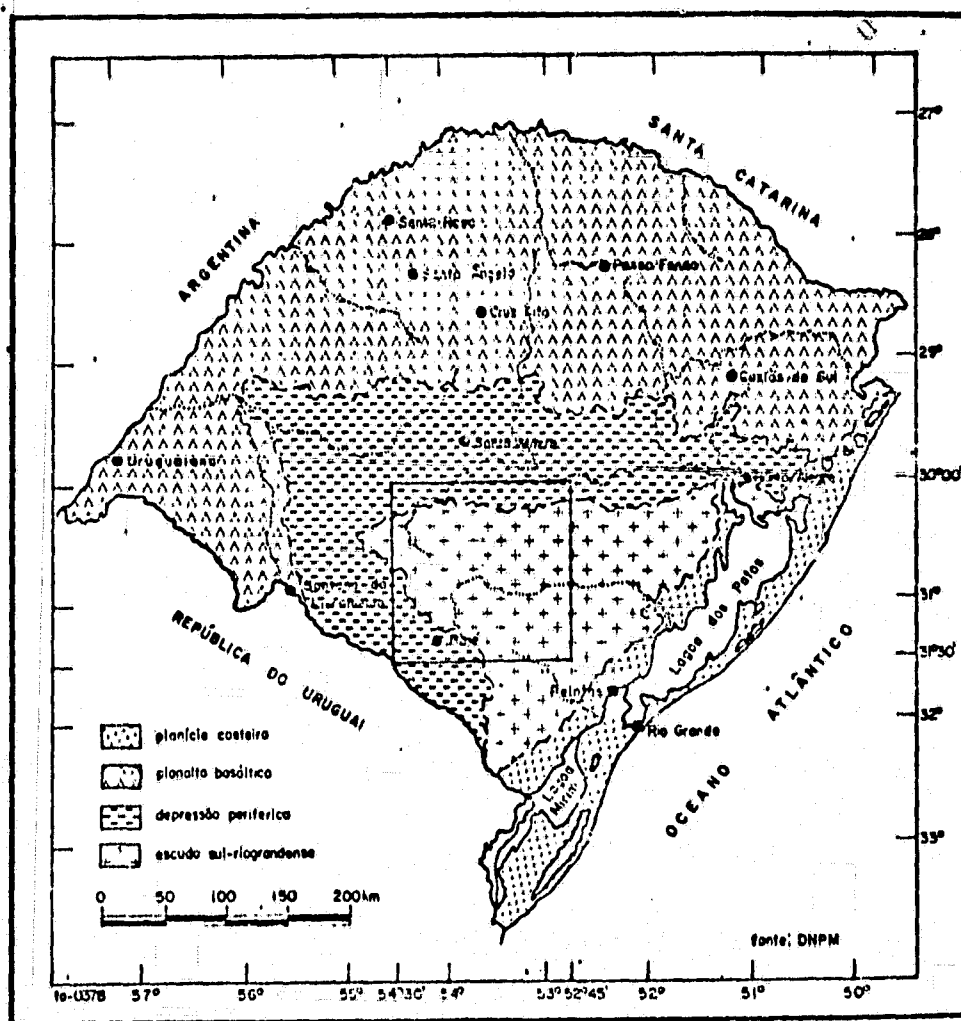


Fig. 1.4 - Distribuição das unidades geomórficas no Estado do Rio Grande do Sul.

FONTE: Brasil. MME/DNPM (1975), p. 39.

O Escudo Sul-riograndense é constituído pelo complexo de rochas plutônicas, metamórficas e sedimentares eo-paleozóicas e pré-cambrianas. O escudo apresenta-se em uma forma grosseiramente triangular, caracterizado por um relevo coliniforme com formas bem arredondadas. Localmente dá lugar a relevos acidentados, constituídos por elevações com vertentes abruptas, consequentes de uma tectônica rígida. Os efeitos da tectônica plástica são modestos, havendo no entanto fortes influências no desenvolvimento das feições, devido ao caráter diferencial da erosão sobre os diferentes tipos de rochas. A altitude média nesta unidade geomórfica é da ordem de 350 metros, atingindo na região ao norte de Piratini-Pinheiro Machado a altitude de 550 metros.

De uma maneira geral, esta unidade geomórfica vem-se mantendo num alto topográfico desde o Cambro-Ordoviciano (Willig et alii, 1974), exceto em pequenas áreas restritas subsidentes, onde depositaram-se os arenitos e conglomerados da Formação Santa Tecla. Devido a esta tendência ascensional da região do escudo e da sua relativa complexidade tectônica e lito-estratigráfica, a drenagem predominante é retangular e o manto de alteração é, em geral, fino.

CAPÍTULO 2

MATERIAIS E MÉTODO

2.1 - MATERIAIS UTILIZADOS

Para a realização deste trabalho foi necessário o uso de 4 conjuntos (órbitas-pontos) de imagens multiespectrais do satélite LANDSAT (Figura 2.1), na escala de 1:500.000, em cópias de papel fotográfico em branco/preto e de composições coloridas infravermelhas falsa-cor. Para a complementação de informações adicionais utilizou-se, sempre que necessário, de ampliações fotográficas em branco/preto de imagens MSS-LANDSAT na escala de 1:250.000 (Tabela 2.1).

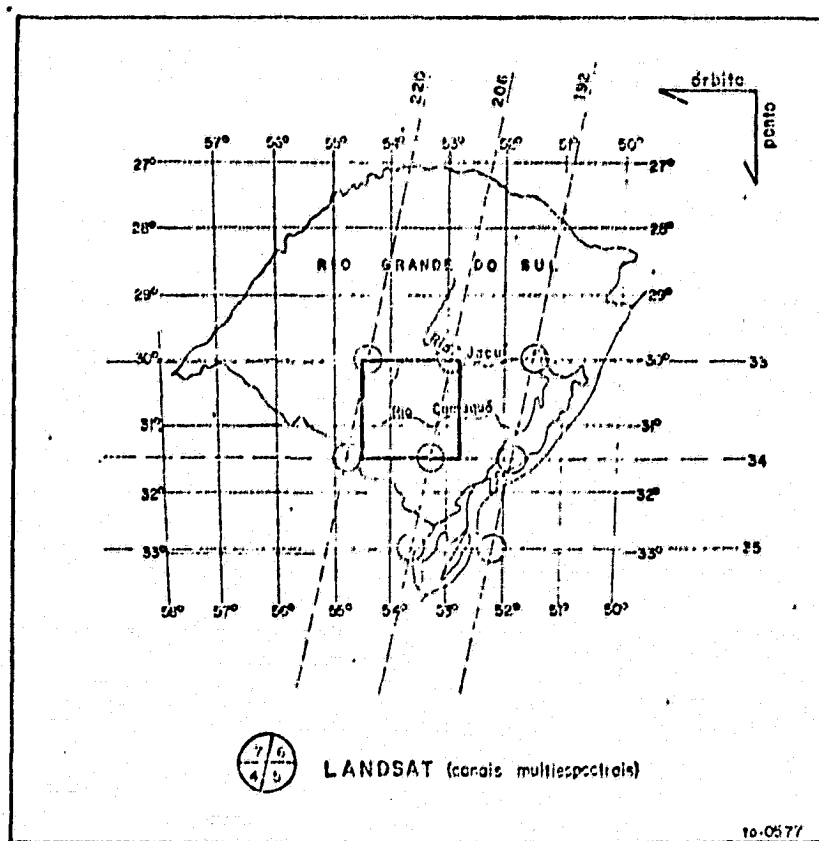


Fig. 2.1 - Mapa de cobertura das órbitas-pontos de imagens MSS-LANDSAT, na área estudada.

TABELA 2.1

RELAÇÃO DAS IMAGENS MULTIESPECTRAIS (MSS) DO
SATELITE LANDSAT UTILIZADAS NO TRABALHO

ORBITA-PONTO (SRB)*	PASSAGEM (D.M.A.)**	ESCALA	ELEVAÇÃO SOLAR /AZIMUTE	APRESENTAÇÃO DO PRODUTO
206-33	26.NOV.75	1:500.000	49/087	composição colorida
206-33	26.NOV.75	1:500.000	49/087	branco/preto
206-33	26.NOV.75	1:250.000	49/087	branco/preto
206-33	26.NOV.75	.-.	49/087	fita CCT
206-34	26.NOV.75	1:500.000	48/085	composição colorida
206-34	26.NOV.75	1:500.000	48/085	branco/preto
206-34	26.NOV.75	1:250.000	48/085	branco/preto
220-33	27.NOV.75	1:500.000	49/087	composição colorida
220-33	27.NOV.75	1:500.000	49/087	branco/preto
220-33	27.NOV.75	1:250.000	49/087	branco/preto
220-34	27.NOV.75	1:500.000	48/085	composição colorida
220-34	27.NOV.75	1:500.000	48/085	branco/preto
220-34	27.NOV.75	1:250.000	48/085	branco/preto

* Sistema de Referência Brasileiro para localização da imagem.

** Data da passagem do satélite na órbita-ponto, onde D = dia, M = mês, A = ano.

Nas áreas mineralizadas e previamente selecionadas, os principais materiais utilizados foram diversas composições coloridas, ampliadas para a escala de 1:100.000, contendo alguns processamentos automáticos conseguidos através do uso de fitas magnéticas CCTs (Computer Compatible Tape) no Image-100 (Tabela 2.1).

A base geográfica da área estudada foi extraída das cartas Porto Alegre-SO (Folha SH.22-SO) e Uruguaiana-SE (Folha SH.21-SE), na escala de 1:500.000, editadas pelo Conselho Nacional de Geografia em 1965 e impressas pela Fundação IBGE, e complementada através de dados fornecidos pelas imagens MSS-LANDSAT na escala de 1:500.000.

2.2 - MÉTODO DE TRABALHO

O método de trabalho utilizado foi baseado numa sequência de trabalho óbvia em seus aspectos gerais (Figura 2.2); entretanto difere em alguns detalhes, principalmente naqueles relacionados às imagens MSS-LANDSAT (Seção 1.1).

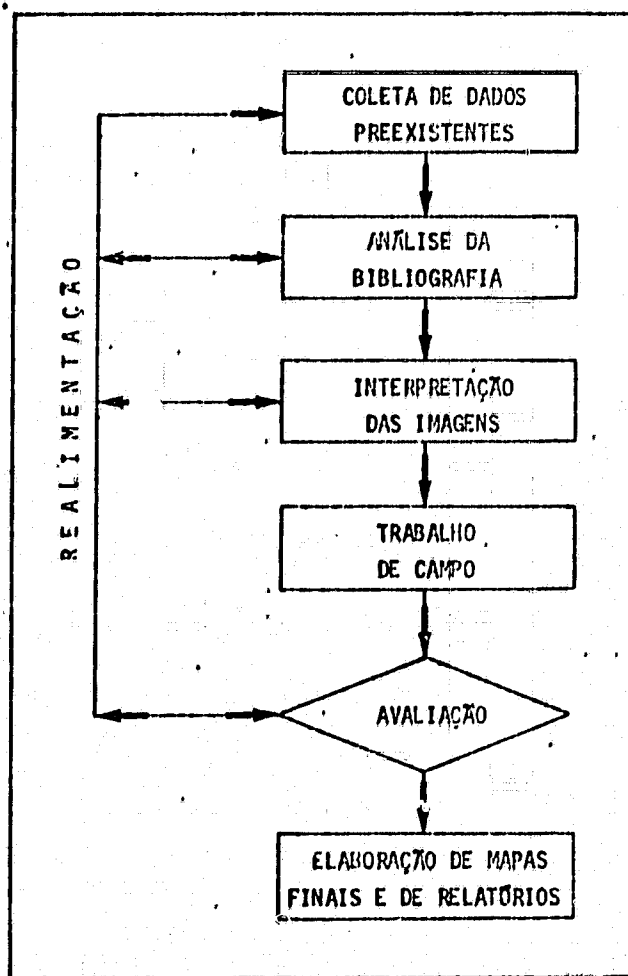


Fig. 2.2 - Sequência de trabalho utilizada na pesquisa.

2.2.1 - COLETA DE DADOS PREEXISTENTES

Após a definição da área a ser estudada, a primeira etapa consistiu na aquisição de imagens MSS-LANDSAT e na coleta da bibliografia que abrangem a área definida.

Para a aquisição de imagens MSS-LANDSAT, inicialmente foi feita uma prévia seleção, através do "Catálogo Geral de Imagens de Satélites Tecnológicos para Recursos Terrestres", realizado pelo Departamento de Produção de Imagens do INPE e periodicamente atualizado. Entre as diversas informações contidas neste catálogo, as de interesse para a prévia seleção foram principalmente: cobertura de nuvens, qualidade (radiométrica e geométrica) e data da passagem do satélite pela área de interesse.

De posse destas informações, foi solicitada a aquisição das imagens selecionadas na escala, apresentação (papel branco/preto e composição colorida) e canais desejados.

A coleta bibliográfica é uma etapa básica para qualquer atividade de pesquisa geológica; portanto procurou-se, sempre que possível, permanecer atualizado sobre as informações recentes da área do projeto. O número de trabalhos publicados é relativamente grande, visto ser a área estudada uma das mais bem pesquisadas, devido ao interesse geo-econômico dos minérios existentes.

2.2.2 - ANÁLISE DA BIBLIOGRAFIA

Esta etapa consistiu na leitura e análise dos trabalhos efetuados na área, principalmente daqueles compatíveis com a escala de trabalho, para a aquisição de conhecimentos prévios sobre a geologia da área. Naturalmente não foram abandonados aqueles trabalhos que contêm detalhes localizados (grande escala), porém foram considerados secundários, com exceção daqueles que poderiam refletir em informações úteis à interpretação visual das imagens.

2.2.3 - INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS

Segundo Amaral (1980), a etapa de interpretação de imagens "tem como objetivo fundamental a cartografia básica da região e a identificação e delimitação das feições litológicas e estruturais da mesma"

Esta etapa de interpretação visual de imagens, como nos métodos de fotointerpretação tradicional, baseou-se em feições características de tonalidade e/ou cor, textura, padrões de drenagem e feições morfológicas, além das características inerentes às imagens, ou seja, características multiespectrais, para a identificação das unidades mapeadas.

Na interpretação visual da área estudada os canais 5, 6 e 7 foram os mais empregados, devido às características descritas a seguir:

CANAL 4 - abrange as regiões de comprimento de onda eletromagnético correspondentes ao verde e amarelo, do espectro visível. O principal elemento de identificação dos alvos foi o tom fotográfico, embora não tenha apresentado contraste suficiente para delimitá-los com precisão. Pela própria posição que ocupa no espectro eletromagnético, o canal 4 não mostra as mesmas utilidades que os demais canais, pois apresenta pobreza de textura e não define as feições morfológicas e estruturais.

CANAL 5 - opera na região do espectro visível entre o laranja e o vermelho; espectralmente muito se aproxima de fotografias aéreas tradicionais. Este canal apresentou diferentes tons de cinza e contrastes, o que permitiu delimitar, com grande precisão, as diferentes unidades mapeadas. A drenagem intermitente, dotada de mata-galeria, e os sistemas viários foram facilmente identificados.

CANAL 6 - abrangendo parte do espectro visível e do infravermelho próximo, este canal permitiu uma delimitação segura da drenagem com rios perenes, tais como o Jacuī, o Camaquã e outros. As estruturas em geral e os grandes lineamentos, quando presentes, puderam ser identificados com certa facilidade, porém não tão bem realçados se comparados com o canal 7.

CANAL 7 - possui um maior intervalo espectral na região do infravermelho próximo; salientou distintamente as feições texturais e de relevo e auxiliou grandemente na identificação de unidades e estruturas geológicas. Fácil identificação e delimitação das drenagens de rios perenes foi conseguida por este canal, as quais absorvem as radiações eletromagnéticas. Os aspectos morfológicos e estruturais apresentaram-se com grande destaque nas imagens MSS-LANDSAT.

A combinação de diferentes características obtidas nos diferentes canais espectrais, aliados aos critérios de interpretação, levaram à individualização das diversas unidades estratigráficas existentes na área estudada.

Durante a fase de interpretação e/ou reinterpretação de imagens MSS-LANDSAT, surgiram algumas dificuldades, principalmente na localização de pequenos corpos andesíticos, observados em campo na porção central da área estudada, as quais foram sanadas, tentativamente, com o uso de imagens MSS-LANDSAT na escala de 1:250.000.

Ainda nesta etapa de interpretação das imagens, realizaram-se no I-100 diversas ampliações de algumas áreas mineralizadas (regiões de Lavras do Sul, das Minas do Camaquã e do Passo do Marinheiro). Concomitantemente executaram-se alguns processamentos dirigidos para realçar e/ou melhorar a cena original, através de programas denominados "contrast stretching" e realce pelas componentes principais.

Posteriormente, realizaram-se diversas combinações entre programas ou componentes principais e filtros coloridos.

Estas ampliações, obtidas através do I-100, foram analisadas visualmente por intermédio de projeções de diapositivos, visto que as diversas tentativas de realização de interpretação (classificação) automática deram resultados bastante distorcidos da realidade.

Os dados obtidos com a interpretação visual das imagens foram comparados com os da literatura disponível, para uma melhor caracterização fotogeológica.

O passo seguinte desta etapa de interpretação de imagens foi a elaboração do mapa geológico preliminar, onde se procurou reunir todas as informações obtidas através da interpretação visual das imagens MSS-LANDSAT com as preexistentes em bibliografias.

2.2.4 - TRABALHO DE CAMPO

A finalidade desta etapa consistiu, basicamente, em verificar a fidelidade das informações obtidas através da interpretação de imagens MSS-LANDSAT, além da obtenção de possíveis novos dados para uma posterior etapa de reinterpretação.

O trabalho de campo foi realizado em fevereiro e março de 1979, tendo-se percorrido aproximadamente 1.700 quilômetros de caminho geológico e visitado 820 pontos de estudo, descritos em relatório do INPE (Ohara). Tanto o roteiro como as observações em campo foram preestabelecidas de acordo com o tempo disponível para sua realização.

2.2.5 - AVALIAÇÃO

Após a realização da etapa de trabalho de campo, proce
deu-se a uma avaliação dos dados obtidos até esta fase de trabalho.
Foi necessária a realimentação para a etapa de interpretação de ima
gens, ou, mais especificamente, uma reinterpretação de imagens, incor
porando-se os dados obtidos em campo ao mapa geológico preliminar.

Sempre que necessário realizaram-se realimentações no
sistema, principalmente para as etapas de coleta e análise da literatu
ra recente, publicada após a realização inicial destas mesmas etapas;
estas realimentações foram efetuadas sempre que necessário para uma sa
tisfatória conclusão dos trabalhos.

2.2.6 - ELABORAÇÃO DE MAPAS E DE RELATÓRIO

Esta fase foi efetuada somente após os dados obtidos nas
diversas etapas anteriores terem sido considerados satisfatórios, pro
cedendo-se à conclusão dos trabalhos.

CAPÍTULO 3

GEOLOGIA

3.1 - TRABALHOS ANTERIORES

Dar-se-á, nesta seção, maior destaque aos trabalhos que se referem às zonas mineralizadas, principalmente por cobre.

Entretanto, trabalhos que enfocam a estratigrafia e a tectônica, realizados na área estudada, foram extensamente discutidos, principalmente por Ribeiro et alii (1966), Tessari e Picada (1966), Tessari e Giffoni (1970), Knijnik e Pozza (1971), Carraro et alii (1974), Hasui et alii (1975), Ribeiro e Fantinel (1978), Santos et alii (1978), Ribeiro e Lichtenberg (1978), Wernick e Penalva (1978), Hasui et alii (1978) e Wernick et alii (1978).

Segue-se uma descrição sucinta dos principais trabalhos realizados em zonas mineralizadas por cobre, em ordem cronológica, para se ter uma idéia do desenvolvimento do setor mineral na área estudada.

Ribeiro et alii (1966) citam os trabalhos de Gorceix e de Groddeck como os mais antigos de que se tem notícia, os quais tratam das ocorrências cupríferas de Lavras do Sul e de Caçapava do Sul.

Seguem-se os trabalhos de Walter em 1912 (Ribeiro et alii, 1966), que noticiaram as ocorrências de cobre e de prata do Seival, e os artigos de Englert (1928-1930), sobre os minérios de cobre do Rio Grande do Sul.

Os recursos minerais do Estado do Rio Grande do Sul foram descritos por Carvalho (1937); ainda neste ano Teixeira (1937) estudou as minas de Camaquã e de Seival, além das jazidas do Crespo, Bom Jardim, Porteiras, Andradas, Primavera, Cerro dos Martins e Santa Bárbara.

Alvim (1939), através do relatório técnico "Algumas Minas do Rio Grande do Sul", descreveu sua visita às minas cupríferas de Seival, Crespo, Bom Jardim, Camaquã e Porteiras e demonstrou diversas análises químicas em amostras coletadas nestas visitas. Ainda em 1939, Barbosa (Ribeiro et alii, 1966) estudou as jazidas de minerais metálicos do Rio Grande do Sul.

A geologia, mineração e prospecção do Cerro dos Martins foram estudadas por Leinz e Barbosa (1941). Nesta época a Mina do Seival foi novamente prospectada por Azevedo (1941), dando continuidade aos trabalhos realizados por Teixeira (1937). Após 30 anos de abandono das Minas do Camaquã, foi realizado novo estudo por Teixeira (1941) para avaliar suas potencialidades de uma possível reabertura à exploração mineira. Leinz e Almeida (1941) analisaram geneticamente a jazida de cobre do Camaquã. Finalmente surgiu em fins de 1941 o "Mapa Geológico Caçapava-Lavras" de Leinz et alii (1941), o qual constituiu um marco na evolução do conhecimento geológico do Rio Grande do Sul, elaborando conceitos sobre a mineralização cuprífera, além de uma coluna estratigráfica da região.

Oliveira (1943) realizou a "História da Mineração do Cobre no Rio Grande do Sul" e citou que a existência do cobre no Sul do Brasil já era conhecida pelos aborígenes desde o período pré-colonial.

Em 1944 foi apresentado por Costa Filho (1944) o resultado final dos trabalhos de prospecção, iniciados por Teixeira (1941), nas Minas do Camaquã.

Dois anos após, Leinz (1946) tratou dos teores em ouro e prata no minério de cobre de Camaquã e Seival.

Passos (1947) relatou os trabalhos de pesquisa realizados no Filão Piritas (Minas do Camaquã) e afloramentos Alcides e João Dahne (Mina do Seival).

No 2º Congresso Pan-Americano de Engenharia de Minas e Geologia, em 1947, foi apresentado por Mattos et alii (1947) "O Problema Brasileiro do Cobre".

Na década de 50, Leinz (1951) analisou "O Distrito Cuprífero do Rio Grande do Sul"; em 1952 Nogueira (Ribeiro et alii, 1966) tratou dos recursos minerais do Rio Grande do Sul; em 1956 Sena Sobrinho (Ribeiro et alii, 1966) relatou a pesquisa preliminar realizada na jazida de cobre do Passo dos Enforcados; Leonardos (1956) fez uma análise do "Cobre no Brasil e no Estrangeiro"; em 1957 Melcher (Ribeiro et alii, 1966) realizou pesquisas geoquímicas no Seival e Camaquã; Sena Sobrinho (1958) publicou o seu "Mapa Mineiro-Geológico do Rio Grande do Sul"; e Barbosa (1958) defendeu sua tese de cátedra com o estudo da mineralização e prospecção de cobre do Seival. Martinelli e Nogueira Filho (1959) fizeram prospecções geoquímicas em regiões cupríferas do Rio Grande do Sul e, para finalizar este período, em 1959 Passos e Gavronski (Ribeiro et alii, 1966) estudaram as ocorrências cupríferas do Cerro dos Andradas, Primavera e Santa Bárbara.

De 1960 a 1964, entre os trabalhos inéditos, Ribeiro et alii (1966) citam os seguintes: Gavronski (1961) elaborou "A Interpretação dos Resultados da Pesquisa nos Setores: Galeria Uruguai e Filão Potreiros" das Minas do Camaquã; Gavronski (1963) fez um estudo da prospecção na Mina dos Crespos; ainda neste ano o mesmo autor apresentou o "Relatório Final da Campanha de Sondagens de 1962-1963 no Setor Barita" da Mina do Seival; e o trabalho de Gavronski et alii (1963) sobre os resultados da prospecção geoquímica no vale Santa Bárbara, com a colaboração dos professores Milton Formoso e Bennour C. Bettencourt. A ocorrência cuprífera de Volta Grande foi pesquisada por Gavronski em 1964; tem-se o trabalho de Roland e Almeida (1964) sobre a pesquisa geoquímica das Minas do Camaquã, do qual fez parte um mapa geológico da área especificada, executado pelo geólogo Lowatzki. Por último, tem-se o trabalho de Melfi e Arruda (1964) que fizeram o mapeamento geológico das Minas do Camaquã.

Ainda nesta década de 60 foram publicados os seguintes trabalhos: Passos et alii (1960), que reuniu dados obtidos em pesquisas anteriores e de trabalhos atuais de prospecção nas ocorrências Cerro dos Andradas, Primavera e Santa Bárbara. A mineralização de cobre no Rio Grande do Sul foi considerada até o trabalho de Barbosa e Constantino (1961) filiada ao magma andesítico; entretanto estes autores, através de um estudo genético prévio da mineralização de cobre de Volta Grande, demonstraram a existência de incontestáveis relações entre o Granito Layras com um andesito mineralizado com sulfetos de cobre.

Sena Sobrinho (1963) revisou seu trabalho anterior (Mapa Mineiro-Geológico do Estado do Rio Grande do Sul) e apresentou novo mapa na escala de 1:1.500.000.

Gavronski (1965) relatou a "Prospecção e Programas de Pesquisa de Cobre no Rio Grande do Sul".

Em 1966 a "Gênese e Reservas dos Depósitos de Rochas Carbonatadas, de Cobre, de Estanho e de Argilas do Estado do Rio Grande do Sul" (Oliveira, 1966) foram discutidos e abordados por diversos pesquisadores envolvidos neste tema e coordenados pelo engenheiro Gabriel Mauro de Araujo Oliveira. Ainda neste ano foi publicado por Ribeiro et alii (1966) a "Geologia da Quadrícula de Caçapava do Sul", com a finalidade de "divulgar os resultados do mapeamento geológico em escala de reconhecimento, efetuado com ênfase para a prospecção de cobre... no Distrito Cupro-Aurífero do Rio Grande do Sul".

Finalmente, encerrando a década de 60, o DNPM publicou, através de seu 1º Distrito (Brasil, MME/DNPM, 1969), um documento básico intitulado "Contribuição do Departamento Nacional da Produção Mineral no Desenvolvimento Geo-Econômico do Rio Grande do Sul e Santa Catarina".

Na década de 70 foram publicados, até a presente data, cerca de 15 trabalhos que envolveram direta ou indiretamente estudos de zonas cupríferas. Inicialmente foram publicados trabalhos de Bocchi (1970), Ribeiro (1970) e Tessari e Giffoni (1970); os dois primeiros trataram da estratigrafia, da geologia estrutural e da geologia econômica, dando prosseguimento ao projeto de prospecção para cobre do 1º Distrito - Extremo Sul; o último objetivou mapeamento geológico regional (na escala de 1:250.000) da região Piratini-Pinheiro Machado-Bajé, em continuidade ao trabalho efetuado por Ribeiro et alii (1966).

Bettencourt (1972) defendeu sua tese de doutoramento com o trabalho sobre "A Mina de Cobre de Camaquã" e estudou detalhadamente as zonas cupríferas das Minas do Camaquã. Ainda neste ano, Souza et alii (1972) publicaram um histórico centenário do descobrimento da Mina de Cobre do Camaquã.

Em 1974 o DNPM publicou as folhas Porto Alegre - SH.22 e Lagoa Mirim - SI.22 (Willig et alii, 1974) e a Folha Uruguaiana - SH.21 (Knijnik, 1974) como parte integrante do Projeto Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo. Bettencourt e Damasceno (1974) estudaram o "mecanismo tectônico local e os controles litológicos, estratigráficos e tectônicos da mineralização cuprífera" no Distrito Cuprífero de Camaquã.

Em 1975 o DNPM publicou o trabalho de "Avaliação Regional do Setor Mineral - Rio Grande do Sul" onde apresentou uma "visão integrada dos fatos e problemas da indústria extrativa mineral" do estado (Brasil, MME/DNPM, 1975).

Bettencourt (1976) apresentou no XXIX Congresso Brasileiro de Geologia os "resultados parciais de um estudo em desenvolvimento referente à mineralogia, inclusões fluidais e isótopos estáveis de oxigênio e enxofre da Mina de Cobre de Camaquã".

Offield et alii (1977) estudaram o controle tectônico de mineralização através de imagens LANDSAT realçadas por computador e dados de geofísica global. Neste trabalho os autores assinalaram a presença de um extenso lineamento leste-oeste, localizado a cerca de 5 quilômetros ao norte das Minas do Camaquã. Os autores fizeram especulações de que este lineamento leste-oeste estende-se diretamente em uma fratura transoceânica que corta a cordilheira meso-oceânica e projeta-se no continente africano, no limite meridional da Província Orogênica de Damaran com o Craton Kalahari. Esta projeção foi baseada na suposição de que o continente africano sofreu uma certa rotação em relação ao continente sul-americano, na época da separação dos continentes.

O "Projeto Cobre nos Corpos Básico-Ultrabásicos e Efusivas do Rio Grande do Sul" (Szubert et alii, 1977), realizado em áreas de derrames riolítico-andesíticos do Grupo Bom Jardim e de rochas da associação máfico-ultramáfica do Grupo Cambaí, objetivou, além de mapeamento geológico, a avaliação de indícios mineralizados e levantamento geoquímico.

Durante o XXX Congresso Brasileiro de Geologia (Recife) foram apresentados trabalhos que envolveram: uma ocorrência inédita de cobre nativo associado a um fanglomerado de idade eo-paleozóica (Beckel et alii, 1978); cobre em associações ofiolíticas (Szubert et alii, 1978), resultado do Projeto Cobre nos Corpos Básico-Ultrabásicos e Efusivas do Rio Grande do Sul; Teixeira et alii (1978) fizeram um "balanço" da "Situação das Minas do Camaquã"; e estudos sobre o cobre sedimentar (Ribeiro, 1978; Santos e Chaban, 1978) no Rio Grande do Sul.

O trabalho "Mapa Previsional do Cobre no Escudo Sul-riograndense" (Ribeiro, 1978) procurou valorizar litologias e condicionamentos estruturais pouco ou ainda não pesquisados para o cobre no Escudo Sul-riograndense. A finalidade deste trabalho foi "realizar um estudo previsional sobre as reais potencialidades cupríferas neste escudo". Neste trabalho os "setenta e sete indícios mineralizados e uma mina de cobre foram brevemente descritos e, por semelhanças litológicas,

mineralógicas e tectônicas, distribuídos entre 7 grupos distintos" (grupos associados a rochas básico-ultrabásicas; aos grandes derrames andesítico-riolíticos; ao vulcanismo andesítico ligado aos falhamentos nordeste; aos plutões graníticos; ao grupo sem ligação visível com rochas ígneas; às rochas metamórficas do Grupo Porongos; e ao grupo caracterizado pelas ocorrências do Grupo Cambaí). Através desta distribuição, o autor demarcou na região estudada 45 áreas prospectáveis para cobre, classificadas em quatro níveis de prioridades.

Ainda durante 1978 foi publicado o relatório final da 2ª etapa do "Projeto Sondagens Exploratórias na Área de Camaquã" (Favilla e Reinheimer, 1978) através do convênio entre DNPM e CPRM.

3.2 - ESTRATIGRAFIA

As principais características estratigráficas da área serao discutidas com base em trabalhos existentes, visando a uma caracterização crono-estratigráfica das unidades individualizadas na área de estudo.

Não é objetivo, no presente trabalho, estabelecer redefinições de unidades através de estudos pormenorizados, e sim integrar as informações para uma regionalização das unidades através de estudos com imagens MSS-LANDSAT. No entanto, foram necessárias algumas modificações na delimitação de algumas unidades estratigráficas, como por exemplo a Formação Guaritas e os corpos graníticos da região sudeste da área estudada.

Estabeleceu-se desta maneira, para a área estudada, uma coluna estratigráfica (Figura 3.1) que melhor se ajustou às caracteristicas fotogeológicas e que usualmente é estabelecida em outros trabalhos.

ERA	PERÍODO	GRUPO/SUBGRUPO	FORMAÇÃO	MEMBRO	
Cenozóico	Quaternário		— discordância —		
	Terciário		Santa Tecla		
Mesozóico	Juro-Cretáceo	São Bento	— discordância —		
	Triássico		Serra Geral		
Paleozóico	Permiano-Carbonífero	Passa Dois	— discordância —		
			Estrada Nova		
		Tubarão	Irati		
			Subiá	Palermo	
			Itararé	Rio Bonito	
	Devoniano (?)		— discordância —		
		Canelleiras			
	Cambro-Ordoviciano	Camaquã	— discordância —		
			Guaritas	Camadas Varzinha	
			— discordância —	Camadas Guarda Velha	
Santa Bárbara			Camadas Lanceiros		
— discordância —			Rodeio Velho		
Pré-Cambriano	superior	DOM JARDIM	— discordância —		
			Acampanamento Velho		
			— discordância —		
			Intrusões graníticas da Ramada (gra), São Sepê (gss), Jaguari-Lavras do Sul (gjl) e Caçapava (gcp)		
			— discordância —		
	Hilário				
	— discordância —				
	Cerro dos Martins/ Arroio dos Nobres		Vargas		
	— discordância —		Mangueirão		
	— discordância —				
Maricã					
inferior (?)	Porongos Cambaí	Intrusões graníticas de Campina (gcm), Prestes (gpr), Cordillera (gcd), Arroio dos Ladros (gal), Encruzilhada (gez) e Dom Feliciano (gdf)			
		Sienito Gnáissico Piquiri (pp)			
		— discordância —			
— discordância —					

Fig. 3.1 - Coluna estratigráfica da área estudada.

3.2.1 - GRUPO CAMBAÍ

Aos migmatitos homogêneos e heterogêneos com variação gradacional das estruturas Goñi et alii (1962) propuseram a denominação Formação Cambaí.

Posteriormente Jost e Viilwock (1966), através de estudos da região das cabeceiras do rio Vacacaí, isolaram e promoveram o Cambaí à categoria de Grupo, abaixo do Grupo Porongos.

Por melhor se enquadrar nas características observadas (Seção 4.1) através de imagens multiespectrais do satélite LANDSAT, adotou-se, no presente trabalho, a redefinição proposta por Ribeiro e Fantinel (1978) para o Grupo Cambaí, o qual é constituído por diferentes unidades litológicas, apresentando-se muitas vezes com distintos graus metamórficos ou evolução petrotectônica diversa.

O Grupo Cambaí possui sua melhor representatividade na porção ocidental da área estudada; nesta região as litologias da abandonada denominação Formação Cerro Mantiqueiras, assim como diversas áreas de rochas xistosas, outrora individualizadas e denominadas Formação Vacacaí, foram associadas ao Grupo Cambaí (Ribeiro e Fantinel, 1978).

Nesta porção ocidental, estes últimos autores assinalaram quatro áreas características de associações petrotectônicas enquadradas no Grupo Cambaí:

- a) região de Vila Nova-Arroio Cambaí, localidade-tipo da associação de rochas que originalmente recebeu a denominação de Cambaí, constituída por migmatitos derivados de anfibolitos, pequenos corpos de peridotitos serpentinizados, lentes de mármore não-magnésiano e granito-gnáissico;

- b) regiões de Cerro Mantiqueiras, Passo da Cardoso e Tabuleiro, constituídas por metagabros e gnaisses migmatíticos (derivados, em parte, de metabasitos com inclusões de granulitos e anfibolitos) e por uma volumosa massa alongada de peridotito serpentinizado. Este corpo de peridotito complexo encontra-se marginado por migmatitos cataclásticos e rochas constituídas por anfibólios magnesianos;
- c) região das cabeceiras do rio Vacacaí, onde foram descritos peridotitos, serpentinitos e piroxenitos associados a xistos magnesianos e meta-andesitos, entremeados de outras rochas metamórficas de grau metamórfico baixo (Jost e Villwock, 1966; Jost, 1970) que caracterizam uma associação ofiolítica quase completa, a qual atualmente tende a ser considerada como "greenstone belt". Tal associação ocorre em faixas que se alternam com outras, descritas como migmatitos "heterogêneos... representando uma sequência sedimentar transformada em biotita-muscovita-xistos, feldspatizados e uma sequência básica de origem ígnea transformada em metagabros em avançado estado de uralitização..." (Jost e Villwock, 1966, p. 14);
- d) região de Mata Grande-Cerro da Cria, constituída por uma associação completa de rochas metamórficas, sendo em tudo semelhante às da região de Vila Nova-Arroio Cambaí e cabeceiras do rio Vacacaí, excetuando-se a ausência das lentes de mármore.

Além destas áreas características de associações petro-tectônicas, anteriormente descritas, foi individualizada neste trabalho uma extensa área de ocorrência de rochas do Grupo Cambaí, apresentando-se com grande predominância de rochas migmatíticas, no quadrante sudoeste do presente estudo. Estas rochas migmatíticas apresentam-se comumente bastante alteradas, refletindo um relevo medianamente ondulado e uniforme. A sua continuidade geográfica é interrompida pela presença de diversas coberturas das formações Maricá, Santa Bárbara, Subgrupo Itararé e pelos sedimentos gonduânicos das formações Rio Bonito,

Palermo e Irati, e terciários da Formação Santa Tecla; pela movimentação tectônica que permitiu a preservação das formações Cerro dos Martins e Arroio dos Nobres (a sudoeste das Minas do Camaquã); ou, então, pelo recobrimento de rochas vulcânicas da Formação Acampamento Velho. Esta área individualizada possui continuidade para oeste na região de Dom Pedrito.

Ainda neste quadrante sudoeste individualizou-se outra área na região do Cerro da Cruz (a sudoeste das Minas do Camaquã). Esta área de rochas do Grupo Cambaí encontra-se recoberta pelos sedimentos do Grupo Camaquã a leste, nordeste e sudeste, através de discordância e pequenas falhas locais; a noroeste faz limite por falha com as rochas da Formação Arroio dos Nobres; em sua porção sudoeste encontra-se recoberta pelos sedimentos terciários da Formação Santa Tecla; e ao sul encontra-se recoberta pelos sedimentos gonduânicos da Formação Rio Bonito, através de falha.

No quadrante sudeste da área estudada foram individualizadas, tentativamente, diversas pequenas "manchas" correlacionadas ao Grupo Cambaí. Estas "manchas" são em sua maioria, senão todas, bastante alteradas, o que dificultou sobremaneira o seu enquadramento estratigráfico. Em diversos locais puderam-se identificar os constituintes mineralógico e estrutural, apesar da grande alteração, apresentando-se com as características de rochas gnáissicas.

3.2.2 - GRUPO PORONGOS

Ao conjunto de rochas metamórficas de baixo grau Carvalho (1932) propôs a denominação Série Porongos, constituída pelos quartzitos, xistos micáceos e calcários de Ibaré, quartzitos, xistos e mármore das cabeceiras do Vacacaí e filitos da Estação Ibaré.

Na década de 60 as formações Vacacaí e Cerro do Ouro foram reunidas no Grupo Porongos (Góñi et alii, 1962). Posteriormente este grupo foi constituído pelo agrupamento das formações Cambaí, Vacacaí e Cerro Mantiqueiras (Tessari e Picada, 1966; Ribeiro et alii, 1966; Tessari e Giffoni, 1970).

Recentemente o Grupo Porongos sofreu uma redefinição conceitual, através de estudos de associações petroectônicas realizadas por Ribeiro e Fantinel (1978), sendo constituído por espessas sucessões de filitos, xistos pelíticos ou quartzo-feldspáticos e quartzitos, com unidades menores de meta-conglomerados, meta-arcósios, meta-grauvacas, gnaisses blastomiloníticos e meta-vulcânicas. Adotou-se esta redefinição para o Grupo Porongos.

Esta unidade estratigráfica possui maior representatividade em área na porção centro-oriental da área estudada, representado por uma ampla e extensa faixa de direção nordeste-sudoeste. Esta faixa encontra-se recoberta, em sua porção central, por uma extensa faixa, delimitada por falhas paralelas (Zona de Falhas Açotêia-Piquiri), representada pela Formação Arroio dos Nobres, além de rochas das formações Maricã, Caneleiras, Subgrupo Itararé e intrusões graníticas. Encontra-se contida no extremo sudoeste desta faixa a localidade-tipo da conceituação estratigráfica original da antiga "Série" Porongos (Carvalho, 1932).

O Grupo Porongos nesta extensa faixa alongada é representado por xistos, quartzitos, mármore e gnaisses (blastomilonitos). Têm-se ainda xistos entremeados com massas gnáissicas, nas proximidades de Santana da Boa Vista. Esta faixa de rochas do Grupo Porongos encontra-se delimitada por extensos falhamentos regionais em sua quase totalidade, fazendo contato a leste com extensas massas graníticas e a oeste com as rochas da Formação Arroio dos Nobres e do Grupo Camaquã. Ao norte encontra-se recoberta pelos sedimentos da Formação Rio Bonito, e ao sul excede os limites da área estudada.

Uma segunda área que representa o Grupo Porongos é aquela que envolve o corpo granítico de Caçapava. Nesta região o referido grupo é constituído por uma espessa sucessão de prasinitos anfibólicos (actinolita-xistos) recoberta por um espesso "flysch" pelítico ou arenoso (filitos e xistos pelíticos e quartzo-feldspáticos). A intrusão granítica de Caçapava afetou os xistos do Grupo Porongos com metamorfismo de contato de baixo grau, transformando-os em cornubianitos.

Seus limites a oeste e a sudeste são feitos com as rochas do Grupo Camaquã, ora por falhas, ora através de discordâncias; a leste e ao sul são limitados pela Formação Cerro dos Martins; a noroeste faz seus limites com a Formação Maricã.

Outra área característica do Grupo Porongos encontra-se a noroeste de Caçapava do Sul; é limitada a leste pela Formação Maricã, ao sul pela Formação Maricã e pelas vulcânicas da Formação Acampamento Velho, a sudoeste tem-se a presença da intrusão granítica da Ramada, a oeste limita-se com uma associação de rochas básico-ultrabásica, xistos e gnaisses enquadrada no Grupo Cambaí, e ao norte encontra-se parcialmente recoberta pelos sedimentos da Formação Rio Bonito, além da presença da intrusão granítica de São Sepé.

3.2.3 - SIENITO GNÁISSICO PIQUIRI

Em 1963 Picada (Tessari e Picada, 1966) propôs a denominação Sienito Gnáissico Piquiri a um corpo de rocha de composição sienítica e de estrutura gnaissóide que ocorre parcialmente na área estudada, ao sul da cidade de Cachoeira do Sul; anteriormente Leinz (1945) denominou-o "Andesito Piquiri", quando descreveu a porção sudoeste deste corpo rochoso.

O Sienito Gnáissico Piquiri é caracterizado por sua estrutura planar (consequência da orientação dos cristais de feldspato alcalino), sua cor pardo-avermelhada ou pardo-chocolate, sua granulação média a grosseira e sua composição à base de feldspato alcalino e

hornblenda. O feldspato alcalino, geralmente de 1 centímetro, apresenta-se achatado, com a macla segundo Carlsbad, e orientado paralelamente ao bandamento da rocha.

Segundo Picada em 1963 (Tessari e Picada, 1966, p. 46), "enormes áreas sofreram fenômenos cataclásticos...", o que tornou a rocha intensamente fraturada, facilitando os efeitos erosivos.

Ribeiro (1978) assinalou que foram observados "minúsculos e raros cristais de pirita, molibdenita e calcopirita (?), além de magnetita e malaquita, estes normalmente sobre as paredes de pequenas fissuras".

Picada em 1963 (Tessari e Picada, 1966) chegou às seguintes conclusões quanto ao Sienito Gnáissico Piquiri: origem ígnea intrusiva nos metamorfitos do Grupo Porongos, que sofreu metamorfismo regional e parcialmente metassomatismo, e que é mais antigo que o Complexo Granítico Encruzilhada.

Na área estudada o Sienito Gnáissico Piquiri ocorre em contato por falhas e atravês de discordância com os metamorfitos do Grupo Porongos (ao norte e sudoeste) e com os membros Vargas e Mangueirão da Formação Arroio dos Nobres (a leste).

3.2.4 - COMPLEXO GRANÍTICO DOM FELICIANO

A denominação Complexo Granítico Dom Feliciano é devida a Tessari e Picada (1966) em virtude da observação de grande variação textural e modal; seu nome foi emprestado da cidade homônima. A primeira referência a este complexo granítico foi feita em 1963 pelos autores acima mencionados, numa conferência para o núcleo gaúcho da Sociedade Brasileira de Geologia.

Segundo estes mesmos autores, o complexo granítico é constituído por diversas litologias com características petrográficas diferentes, notando-se que os granitos situados na porção meridional deste complexo granítico são semelhantes aos do Complexo Granítico Encruzilhada, ou seja, são biotita-granitos porfiróides de colorações cinza ou róseas e nitidamente mais abundantes em máficos que os situados ao norte.

Pelas características fotogeológicas apresentadas em imagens multiespectrais (Seção 4.1) semelhantes às da região onde foi definido o Complexo Granítico Dom Feliciano, foi possível inferir que as áreas individualizadas na porção sudeste da área estudada são pertencentes a este complexo granítico.

Nesta porção sudeste da área foi individualizado um grande número de pequenos corpos, entremeados entre as diversas "manchas" de rochas gnáissicas correlacionadas ao Grupo Cambaí; outros pequenos corpos são encontrados no interior do Granito Arroio dos Ladrões, na região das cabeceiras do arroio Guaramano.

Para Tessari e Picada (1966) o Complexo Granítico Dom Feliciano é posterior aos grupos Cambaí e Porongos, o que sugere uma possível contemporaneidade ou idades não muito diferentes, em tempo geológico, para com o Complexo Granítico Encruzilhada.

3.2.5 - COMPLEXO GRANÍTICO ENCRUZILHADA

Originalmente denominado Granito Encruzilhada por Leinz (1945) e posteriormente redefinido e denominado Complexo Granítico Encruzilhada por Tessari e Picada (1966).

Este complexo granítico ocorre no extremo centro-leste da área estudada e possui uma configuração alongada segundo a direção norte-nordeste. O seu contato ocidental se faz através de falha (ao norte do rio Camaquã) e de discordância com os ectinitos do Grupo Po

rongos; ao norte seu contato é por meio de falhamentos com as rochas molassóides da Formação Arroio dos Nobres e ectinitos do Grupo Porongos. Ao sul do rio Camaquã o contato oriental deste complexo granítico se faz através de falhamentos com os granitos (de sul para norte) Arroio dos Ladrões e Cordilheira. Ao sul encontra-se recoberta pelos sedimentos da Formação Caneleiras.

Quanto à composição, Tessari e Picada (1966) caracterizam "duas facies principais: uma subalcalina abrangendo os granitos grosseiros, porfiróides e alguns médios e outra granodiorítica, dos restantes granitos médios e portanto mais rara". Apresentam-se em cores claras com tons de cinza e róseos; o granito médio pode ocorrer em tonalidades mais escuras.

Em termos de campo são considerados como biotita-granitos. São rochas isotropas que se apresentam localmente orientadas.

Para Tessari e Picada (1966) o Complexo Granítico Encruzilhada é mais jovem que os grupos Cambaí e Porongos e Sienito Gnáissico Piquiri, e anterior à Formação Maricã. Ainda segundo estes autores este complexo granítico é considerado intrusivo nas litologias mais antigas.

3.2.6 - GRANITO ARROIO DOS LADRÕES

Devido à melhor aproximação do trabalho de Picada (1971), dentre os trabalhos existentes até o momento, às características apresentadas nas imagens MSS-LANDSAT, utilizou-se informalmente a denominação Granito Arroio dos Ladrões.

Segundo Picada (1971), o "Granito Arroio dos Ladrões é desmembrado do Complexo Granítico Dom Feliciano e inclui os granitos de características subalcalinas, hololeucocráticos, grosseiros ou pegmatóides com biotita. Há variações ainda para outras facies". Ocorre no quadrante sudeste da área estudada, com disposição irregular alongada segundo a direção nordeste, prolongando-se em seus extremos.

Picada (1971) considerou o Granito Arroio dos Ladrões um corpo de dimensões batolíticas, que lembra "em muitos aspectos o Granito Encruzilhada (Complexo Granítico Encruzilhada) porém, aparece em outro compartimento estrutural".

3.2.7 - GRANITO CORDILHEIRA E MIGMATITOS ASSOCIADOS

As litologias graníticas e migmatíticas que ocorrem numa faixa intensamente tectonizada e alinhada ao longo do Sistema de Falhas da Dorsal de Cangussu foram denominadas por Tessari e Picada (1966) Granito Cordilheira e Migmatitos Associados. Posteriormente Picada (1971) desmembrou as litologias graníticas (Granito Cordilheira) das migmatíticas (Formação Vigia), porém preferiu-se, no presente trabalho, a caracterização original de Tessari e Picada (1966).

É representado por granitos do tipo estratôide, constituído por granitos médios ou grosseiros de composição granodiorítica até subalcalina, hololeucocrático ou leucocrático, com duas micas ou com muscovita e turmalina. A sua estrutura possui uma ligeira orientação e sua textura mostra efeitos cataclásticos. Tem-se localmente a presença de graisens e pegmatitos com berilo (Picada, 1966).

Em termos de campo são granitos muscovíticos, a duas micas (muscovita e biotita) ou a muscovita e turmalina. Localmente foram observados diversos termos de transição entre granitos e migmatitos de facies embrechíticas, aparecendo intermediariamente granitos gnáissicos. Sua coloração é clara de tonalidades branco-amareladas, cinza esbranquiçado e levemente róseas, com pontuações escuras da turmalina ou da biotita.

No presente trabalho foram individualizados dois corpos graníticos do Granito Cordilheira e Migmatitos Associados, ao longo de falhamentos regionais, na porção sudeste da área estudada. O corpo granítico mais setentrional é recortado pelo rio Camaquã, na sua porção central de exposição; seus contatos são feitos através de falhas com o

Complexo Granítico Encruzilhada (a oeste e a norte) e Granito Prestes (ao sul); para leste este corpo granítico continua além da área estudada. O segundo corpo granítico possui uma configuração alongada segundo a direção nordeste, fazendo o seu contato noroeste através de falha regional com os gneiss do Grupo Porongos e com os sedimentos da Formação Caneleiras. Os contatos sul e sudoeste são feitos através de falha e discordância com o Granito Arroio dos Ladrões. A leste faz contato com o Granito Prestes através de discordância.

Segundo Tessari e Picada (1966), o Granito Cordilheira e Migmatitos Associados são mais jovens que os complexos graníticos de Dom Feliciano e Encruzilhada.

3.2.8 - GRANITO PRESTES

A denominação Granito Prestes foi proposta por Tessari em 1966 (Tessari e Giffoni, 1970) para designar aqueles corpos graníticos desmembrados do Complexo Granítico Dom Feliciano, e definidos e caracterizados na região de Rincão dos Prestes, Município de Piratini.

Posteriormente Picada (1971) individualizou diversos corpos graníticos que aparecem no bordo ocidental do Complexo Granítico Dom Feliciano, sempre associados à zona de falhas do Sistema Dorsal de Cangussu, descritos com características semelhantes aos do Granito Prestes de Tessari em 1966 (Tessari e Giffoni, 1970); denominou-os Granito Cerro Frio e elegeu como localidade-tipo a região do Cerro Frio, Município de Encruzilhada do Sul.

No entanto, numa análise das características fotogeológicas apresentadas em imagens multiespectrais do LANDSAT, das regiões de Cerro Frio (ao sul de Encruzilhada do Sul, próximo ao rio Camaquã) e de Rincão dos Prestes (Município de Piratini), observou-se que existem distinções entre estas duas regiões, podendo-se presumir que talvez sejam corpos graníticos distintos entre si. A região de Cerro Frio apresentou-se em imagens com características muito semelhantes às do Complexo Granítico Dom Feliciano (Seção 4.1).

Destas observações preferiu-se adotar para o presente trabalho a designação Granito Prestes, conforme definição de Tessari em 1966 (Tessari e Giffoni, 1970).

O Granito Prestes possui granulação de média a grosseira e cores avermelhadas; é constituído por quartzo, feldspato alcalino (microclínio), oligoclásio e biotita.

Na área estudada o Granito Prestes ocorre em duas áreas: a primeira entre os arroios Pedregal e Guaramano, numa forma aproximadamente lenticular, tendo o seus limites sul e leste através de falhas com o Granito Arroio dos Ladrões e como Complexo Granítico Dom Feliciano, e ao norte e a oeste com o Granito Cordilheira e Migmatitos Associados, possivelmente por discordância. A segunda área de ocorrência do Granito Prestes, que se estende além dos limites da área estudada, encontra-se no extremo centro-leste da área estudada, imediatamente ao sul do rio Camaquã; todos os seus limites são através de falhamentos. Ao norte e a oeste faz contato com o Granito Cordilheira e Migmatitos Associados e, ao sul, com o Granito Arroio dos Ladrões.

Segundo Tessari e Giffoni (1970), o Granito Prestes é intrusivo no Granito Cordilheira e Migmatitos Associados.

3.2.9 - GRANITO CAMPINA

A denominação Granito Campina foi proposta por Tessari e Picada (1966) e refere-se a vários corpos graníticos com formas variáveis, de arredondadas a amebóides, e de dimensões relativamente pequenas, individualizadas na região conhecida como Campina ou Mina Campina, localizada a sudeste de Santana da Boa Vista e ao norte do rio Camaquã.

Segundo Tessari e Picada (1966), este granito possui alguma semelhança com o Granito Cordilheira e Migmatitos Associados. É representado por um granito de granulação média a grosseira, com estru

tura homogênea ou orientada, coloração clara e predominância de tonalidade cinza-amarelado; é classificado como muscovita-granito e granito a duas micas (muscovita-biotita-granito); é caracterizado pela presença de zonas pegmatóides e de corpos filonianos mineralizados por cassiterita.

As rochas encaixantes são predominantemente sericita-xistos, sericita-clorita-xistos e quartzo-sericita-xistos do Grupo Porongos, sendo característica a presença de intensa turmalinização na zona de contato.

No presente trabalho o Granito Campina foi individualizado em três corpos graníticos: o maior corpo possui a configuração alongada segundo a direção norte-nordeste e é delimitado por falhas paralelas. A sudoeste deste corpo principal tem-se um pequeno corpo granítico, limitado a leste por falha e a sudoeste encontra-se recoberto pelos sedimentos da Formação Caneleiras; o terceiro corpo granítico encontra-se a nordeste do principal, é limitado por meio de falhas e possui uma configuração triangular.

Tessari e Picada (1966) consideraram o Granito Campina mais jovem do que o Grupo Porongos e os complexos graníticos Encruzilhada e Dom Feliciano.

3.2.10 - GRUPO BOM JARDIM

A denominação original Grupo Bom Jardim é de Ribeiro et alii (1966), caracterizada por uma associação de rochas clásticas e vulcânicas, cuja seção-tipo localiza-se nas proximidades de Bom Jardim, situada a cerca de 20 quilômetros a nordeste de Caçapava do Sul. Neste grupo foram reunidos a Formação Arroio dos Nobres, definida por Tessari em 1965 (Tessari e Picada, 1966), e a Formação Crespos, definida por Ribeiro e Bocchi em 1966 (Ribeiro et alii, 1966). Estas formações foram ainda subdivididas em membros Mangueirão e Vargas, e Hilário e Acampamento Velho, respectivamente.

Posteriormente o Grupo Bom Jardim sofreu nova reformulação; atualmente é composto pelas formações Maricã, Vargas, Hilário e Acampamento Velho, após estudos de associações petrotectônicas por Ribeiro e Fantinel (1978).

Nesta mesma época, Santos et alii (1978) apresentaram uma nova "Divisão Litoestratigráfica do Eo-Cambriano - Pré-Cambriano do Escudo Sul-riograndense", substituindo a designação Grupo Bom Jardim por Grupo Maricã, em função de sua prioridade na nomenclatura estratigráfica e elegeram a serra de Maricã como a localidade-tipo das sequências do grupo. Estes autores dividiram o seu Grupo Maricã em Formação Acampamento Velho (topo), Formação Cerro dos Martins (membros Arroio dos Nobres e Hilário) e Formação Pessegueiro (base).

No presente trabalho adotou-se a reformulação de Ribeiro e Fantinel (1978), com exceção da Formação Vargas, preferindo utilizar-se da antiga Formação Arroio dos Nobres para aquelas áreas constituídas essencialmente de rochas sedimentares. Naquelas áreas constituídas por sequências vulcano-sedimentares, para diferenciar daquelas sequências sedimentares, adotou-se a proposição de Santos et alii (1978), ou seja, a Formação Cerro dos Martins em seu caráter indiviso.

3.2.10.1 - FORMAÇÃO MARICÃ

A Formação Maricã possui seu local-tipo na serra de Maricã, a noroeste de Caçapava do Sul e foi formalmente definida por Leinz et alii (1941).

Recentemente, através de estudos de associações petrotectônicas, Ribeiro e Fantinel (1978) incluíram a Formação Maricã no Grupo Bom Jardim, visto que "suas rochas apresentam todas as características gerais similares e formam com ele uma única associação petrotectônica"; portanto as camadas da Formação Maricã estão recobertas, através de discordância angular, por uma das outras unidades do Grupo Bom Jardim.

Litologicamente a Formação Maricã é constituída por uma espessa sucessão de estratos de arcósios maciços intercalados com grau vacas laminados e com acamamento gradacional, que se repetem ritmica mente. Ocorrem ainda, fazendo parte desta sucessão de camadas, arcô sios conglomeráticos ou conglomerados arcósicos, de constituintes bem arredondados e resistentes (granito-gnãissico), que podem também con ter fragmentos angulosos, subangulosos ou arredondados de siltitos e argilitos vermelhos, das próprias camadas da Formação Maricã arranca das de fonte próxima.

Esta unidade foi individualizada principalmente na por ção ocidental da área estudada, nas regiões a oeste do Granito de Caça pava, a sudeste e sudoeste do Complexo Granítico Jaguari-Lavras do Sul.

Na região a oeste do Granito de Caçapava, a Formação Ma ricã ocorre a oeste da Falha Crespos, entre os arroios São Rafael e Acangupã, continuando para sudoeste e oeste até a região do Planalto da Ramada, e para sul até as proximidades do Complexo Granítico Jagua ri-Lavras do Sul.

Nesta região a Formação Maricã faz contato com as rochas dos grupos Cambaí e Porongos, formações Hilário, Acampamento Velho, Santa Bárbara e Rio Bonito e com o Granito da Ramada.

O contato com as rochas migmatíticas do Grupo Cambaí é feito ao sul de Vila Nova, nas cabeceiras do arroio Maricã e ao norte do Complexo Granítico Jaguari-Lavras do Sul. Estes contatos comumente são feitos através de discordância e, localmente, por meio de falhas (por exemplo, pela Falha Cerro dos Cabritos).

Na região a noroeste do Granito de Caçapava, a Formação Maricã encontra-se sobreposta, através de discordância angular e local mente por meio de falhas (Falha Cerro da Cria), às rochas metassedimen tares do Grupo Porongos. O contato oriental da Formação Maricã, nesta

região, encontra-se recoberta por sedimentos aluviais (arroyo Acangupã, próximo à confluência do arroyo São Rafael).

As outras unidades superiores do Grupo Bom Jardim (formações Hilário e Acampamento Velho), nesta região a oeste do Granito de Caçapava, recobrem discordantemente a Formação Maricã através de discordância angular e/ou localmente por meio de falhas (falhas Pessegueiro e Crespos).

O Granito da Ramada encontra-se intrusivo na Formação Maricã, com formação de auréola de metamorfismo de contato (Ribeiro et alii, 1966).

A Formação Santa Bárbara recobre a Formação Maricã comumente através de falhamentos (falhas Cerro dos Cabritos e Crespos) e localmente por meio de discordância angular. A noroeste do Granito de Caçapava, o contato entre as formações Maricã e Santa Bárbara encontra-se recoberto por sedimentos aluviais do arroyo Acangupã.

A Formação Rio Bonito recobre discordantemente a Formação Maricã na região da foz do arroyo São Rafael (sudeste de São Sepé).

Na região a sudeste do Complexo Granítico Jaguari-Lavras do Sul foi individualizada uma segunda área de ocorrência da Formação Maricã, que faz contato com as rochas do Grupo Cambaí, do Complexo Granítico Jaguari-Lavras do Sul e da Formação Hilário.

Na porção ocidental desta segunda área, a Formação Maricã recobre, através de discordância e localmente por meio de falhas, as rochas migmatíticas do Grupo Cambaí.

Rochas ectiníticas do Grupo Cambaí encontram-se sotopostas nas porções sul e sudeste desta área de ocorrência da Formação Maricã, através de falhas e discordância.

Tem-se ainda nesta região a Formação Hilário que recobre discordantemente a Formação Maricã, principalmente por meio de falhas.

Na região a sudoeste do Complexo Granítico Jaguari-Lavras do Sul foram individualizados outras duas pequenas áreas, correlacionadas à Formação Maricã. A de maior expressão areal ocorre nas cabeceiras do arroio Taquarembô, sobreposta aos migmatitos do Grupo Cambaí e sotoposta ao Subgrupo Itararé (na porção nordeste). A segunda área encontra-se encaixada entre duas falhas, das quais uma delas é a Falha do Jaguarzinho; ocorre sobreposta às rochas migmatíticas (contatos sul e sudeste) e ectiníticas (contato nordeste) do Grupo Cambaí e sotoposta ao Subgrupo Itararé (contato noroeste).

No quadrante nordeste da área estudada individualizou-se uma outra área de ocorrência de rochas da Formação Maricã, próximo às cabeceiras do arroio Petinguã. Esta área encontra-se encaixada entre falhas nordeste e noroeste e ocorre sobreposta ao Grupo Porongos (contato ocidental) e sotoposta à Formação Arroio dos Nobres (contatos nordeste, oriental e sudoeste).

3.2.10.2 - FORMAÇÃO ARROIO DOS NOBRES

A denominação Formação Arroio dos Nobres foi proposta por Tessari em 1965 (Tessari e Picada, 1966), em alusão ao arroio dos Nobres, para uma sequência sedimentar situada entre a Formação Maricã e o Grupo Camaquã, e individualizada a sudoeste de Pinheiro, Município de Encruzilhada do Sul.

Ribeiro e Fantinel (1978) reformularam esta unidade, denominando-a Formação Vargas e desconsideraram a sua subdivisão em membros.

No entanto, naquelas áreas constituídas essencialmente por sequências sedimentares observou-se, através de imagens multiespectrais, a possibilidade da individualização dos antigos membros da Formação Arroio dos Nobres proposta por Tessari em 1965 (Tessari e Picada, 1966).

Desta maneira adotou-se, no presente trabalho, a antiga denominação Formação Arroio dos Nobres para aquelas áreas constituídas predominantemente por sequências sedimentares.

Esta sequência sedimentar é representada por espessas camadas de grauvacas e siltitos intercalados, conglomerados e arcósios localmente recortadas por intrusões andesíticas. A importância econômica desta unidade é a presença de mineralizações cupríferas.

A Formação Arroio dos Nobres foi subdividida em dois membros: Mangueirão e Vargas.

O Membro Mangueirão foi assim denominado em 1966 por Tessari et alii (Tessari e Picada, 1966) que elegeram como localidade-tipo a região do curso superior do arroio Mangueirão, Município de Caçapava do Sul. Representa o membro basal da Formação Arroio dos Nobres e é constituído por sequências acamadadas de arenitos feldspáticos ou micáceos, arcósios, siltitos micáceos e folhelhos ritmicamente intercalados, que atingem espessuras de até 3.000 metros. Suas cores variam de vermelho a bordô, cinza e amarelo.

O Membro Vargas foi definido na região do arroio dos Vargas por Ribeiro et alii em 1966 (Tessari e Picada, 1966), onde ocorrem possantes conglomerados com uma grosseira estratificação e arenitos conglomeráticos arcósios. Nesta região este membro ocorre intercalado no Membro Mangueirão; entretanto tende a ocupar a posição superior da formação (Tessari e Picada, 1966).

O Membro Vargas tem natureza predominantemente conglomerática. Litologicamente caracteriza-se por espessos pacotes de arenito conglomerático e conglomerado, com seixos e matacões de até 1 metro, predominando os de 5 a 10 centímetros. As litologias dos seixos e matacões são representadas principalmente por xistos, quartzitos, quartzo leitoso, milonitos, arenitos e conglomerados. As cores geralmente são avermelhadas e, localmente, possuem tonalidade castanhas.

A Formação Arroio dos Nobres encontra-se representada nas seguintes regiões: Minas do Camaquã, alto curso do arroio Torrinhas, a sudeste das Minas do Camaquã, médio curso do arroio Boici, faixa alongada a leste de Santana da Boa Vista e cabeceiras do arroio Sebastião Alves e do arroio Lichiguana.

A Formação Arroio dos Nobres na região das Minas do Camaquã encontra-se bastante detalhada através de contínuos trabalhos realizados pelo corpo técnico da Companhia Brasileira do Cobre, detentora das Minas do Camaquã. Nesta região foi possível a distinção dos membros Vargas e Mangueirão com relativa facilidade. A Formação Arroio dos Nobres na região das Minas do Camaquã possui seus limites leste (através de falha) e norte (inferido) com as Camadas Lanceiros, e sul (através de falha) com o Membro Rodeio Velho da Formação Santa Bárbara; o limite oeste é feito através de discordância com a Formação Guaritas. Ainda nesta região tem-se outra área individualizada a oeste das Minas do Camaquã, que possui todos os seus limites com a Formação Guaritas.

Na região do alto curso do arroio Torrinhas, no extremo centro-sul da área estudada, a Formação Arroio dos Nobres ocorre sobreposta ao Grupo Porongos, sendo os limites leste e sul feitos com este grupo através de falha e o limite sudoeste através de discordância. A Formação Arroio dos Nobres nesta região encontra-se recoberta a sudoeste pelos sedimentos da Formação Palermo, a oeste pelos sedimentos da Formação Rio Bonito, e ao norte pela Formação Guaritas.

Na região a sudeste das Minas do Camaquã a Formação Arroio dos Nobres encontra-se sobreposta aos ectinitos do Grupo Porongos e faz seu limite leste através de falhas. Recobrimdo esta formação têm-se os sedimentos da Formação Santa Bárbara através de falha (limite nordeste) e de discordância (limite oeste); ao norte limita-se com os vulcanitos do Membro Rodeio Velho da Formação Santa Bárbara; e ao sul, com sedimentos da Formação Guaritas. Nesta região a Formação Arroio dos Nobres encontra-se representada pelos membros Vargas e Mangueirão, com o predomínio do primeiro.

Na região do médio curso do arroio Boici foi individualizada uma faixa alongada segundo a direção nordeste, onde foi possível a separação dos dois membros da Formação Arroio dos Nobres. Encontra-se sobreposta ao Grupo Porongos, fazendo seu limite leste em sua quase totalidade através de falhas, e por meio de discordância na sua porção nordeste. No limite oeste predomina o contato discordante, além do contato por meio de falhas com o Grupo Porongos. Ao norte encontra-se recoberta pelos sedimentos da Formação Caneleiras; na porção sudoeste da faixa alongada o contato é inferido com o Subgrupo Itararé; e ao sul possui continuidade bastante estreitada para além dos limites da área estudada.

Na região a leste da localidade de Santana da Boa Vista foi individualizada uma extensa e estreita faixa alongada com direção nordeste. Esta faixa alongada encontra-se encaixada em falhas paralelas e sobreposta aos ectinitos do Grupo Porongos. Na parte norte desta faixa foi possível delimitar, com relativa facilidade, o Membro Mangueirão que aparentemente encontra-se intercalando o Membro Vargas. Nesta porção norte da faixa os limites são feitos através de falhas com a Formação Maricã (limite oeste) e com o Complexo Granítico Encruzilhada e com o Sienito Gnáissico Piquiri (limite leste).

Na região das cabeceiras do arroio Sebastião Alves a Formação Arroio dos Nobres encontra-se sobreposta às rochas metassedimentares do Grupo Porongos com contatos por meio de falhas além dos conta

tos discordantes. A nordeste desta área esta formação faz contato através de falhamentos com a Formação Maricã; a oeste os seus limites são feitos com as rochas sedimentares da Formação Santa Bárbara.

Na região das cabeceiras do arroio Lichiguana foi individualizada uma faixa tectônica alongada segundo a direção nordeste, constituída de rochas da Formação Arroio dos Nobres, com a separação de seus membros. Os limites norte, leste e oeste desta faixa tectônica são feitos através de falhamentos; o limite sul encontra-se recoberto pelos sedimentos terciários da Formação Santa Tecla. A leste limita-se com as rochas metamórficas do Grupo Cambaí; ao norte, com sedimentos da Formação Guaritas; e a oeste, com a associação de rochas sedimentares e com pequenos corpos de vulcânicas da Formação Cerro dos Martins.

3.2.10.3 - FORMAÇÃO CERRO DOS MARTINS

A denominação Formação Cerro dos Martins aqui utilizada tenta substituir, informalmente, aquelas definidas por Ribeiro et alii (1966) como Membro Hilário da Formação Crespos e membros Vargas e Mangueirão da Formação Arroio dos Nobres, nas regiões de Bom Jardim, Cerro dos Martins e cabeceiras do arroio das Palmas. Tenta-se substituir, também, aquela reformulação de Ribeiro e Fantinel (1978) quando denominaram Formação Hilário a facies vulcanogênica e Formação Vargas a facies tectogênica.

No presente trabalho preferiu-se utilizar a conceituação proposta por Santos et alii (1978), para representar aquelas áreas constituídas por sequências vulcano-sedimentares, denominada Formação Cerro dos Martins.

Santos et alii (1978) conceituaram a Formação Cerro dos Martins como "representada por uma sequência bastante espessa de rochas sedimentares com variações litológicas desde siltitos até conglomerados e vulcanismo do tipo fissural e explosivo de composição andesítica a basáltica com recorrência até o topo da unidade". Esta formação

encontra-se bem representada na região do Cerro dos Martins, constituída por uma sequência vulcano-sedimentar.

As áreas individualizadas no presente trabalho são aquelas a leste de Caçapava do Sul (região de Bom Jardim), no Cerro dos Martins e nas cabeceiras do arroio das Palmas.

Na região de Bom Jardim a Formação Cerro dos Martins encontra-se em contato com o Grupo Porongos, através de discordância e localmente por meio de falhas. Está sotoposta a leste pelas rochas do Grupo Camaquã, através de discordância e de falhamentos; ao norte, pelos sedimentos da Formação Rio Bonito, através de discordância; na porção centro-norte esta unidade encontra-se parcialmente recoberta pelo Subgrupo Itararé.

No Cerro dos Martins, a área individualizada como Formação Cerro dos Martins tem os seus limites oeste e norte, através de discordância, com as rochas do Grupo Porongos; a leste faz contato, por meio de falhas, com a Formação Santa Bárbara (Camadas Lanceiros); e ao sul, através de discordância e por meio de falhas, com a Formação Guaritas (Camadas Guarda Velha).

Outra área de ocorrência desta unidade encontra-se na região das cabeceiras do arroio das Palmas, numa faixa alongada e orientada para nordeste, que está condicionada entre duas falhas nordeste paralelas e faz contato com as rochas do Grupo Cambaí a leste. Ao norte faz contato através de falhamentos com as rochas da Formação Guaritas (Camadas Guarda Velha). Ao sul encontra-se recoberta pelos arenitos da Formação Santa Tecla e a leste faz contato, através de falha, com os sedimentos da Formação Arroio dos Nobres.

3.2.10.4 - FORMAÇÃO HILÁRIO

A denominação Hilário foi usada pela primeira vez por Robertson (1966) como "Andesito Hilário". Na mesma época, Ribeiro et alii (1966) estudaram a geologia da quadrícula de Caçapava do Sul e referenciaram o membro inferior da Formação Crespos, denominando-o Membro Hilário. Recentemente, Ribeiro e Fantinel (1978) reconceituaram esta unidade, definindo-a como Formação Hilário, representada por uma associação de rochas de facies tipicamente vulcanógena.

A Formação Hilário é composta por uma sucessão de camadas vermelhas dobradas, constituídas por lavas vulcânicas de composições basáltica, andesítica, dacítica, riolítica. compreendendo, também, remanescentes de antigos cones vulcânicos complexos (Ribeiro e Fantinel, 1978), formados por andesitos orogênicos e por outras rochas da suíte calco-alkalina. Contém intercalações de sedimentos ricos em material vulcânico e arenitos vermelhos grosseiros com estratificação rítmica, e de arenitos finos ou siltitos que constituem prismas espessos de arcósios e grauvacas associados às rochas vulcânicas piroclásticas.

Distribui-se pelos cinco ou seis centros de atividade magmática, localizados em áreas de entrecruzamento de fraturas regionais, por onde ascenderam, aproveitando estas zonas de fraqueza crustal, plutões de granito-granodiorito. Na área estudada estes centros de atividade magmática são localizados entre Bom Jardim e Picada Grande, entre Ramada e serra de Santa Bárbara, entre o arroio Seival e Lavras do Sul, entre Porteiras e Palmas e no Cerro dos Martins.

Devido ao metamorfismo de contato produzido em rochas da Formação Hilário pelos granitos de Lavras do Sul e Caçapava, esta unidade foi considerada como sendo do Pré-Cambriano superior (Ribeiro e Fantinel, 1978).

3.2.10.5 - GRANITO DE CAÇAPAVA

A primeira menção ao Granito de Caçapava deve-se a Teixeira (1937); posteriormente Ribeiro et alii (1966) fizeram um estudo sistemático deste plutão e descreveram suas litologias, relações de contato e estruturas associadas.

O Granito de Caçapava possui uma configuração aproximadamente dômica, com seu eixo maior orientado na direção norte-nordeste, medindo cerca de 27 quilômetros de comprimento por 10 quilômetros de largura máxima. A cidade de Caçapava do Sul situa-se na parte mediana e centro-oeste da superfície deste corpo granítico.

A composição do Granito de Caçapava varia de granítica a granodiorítica, com o predomínio da primeira conforme determinações petrográficas dos formandos de 1960 e 1961 da Escola de Geologia da UFRGS. As texturas variam de hipidiomórficas granulares a cataclásticas (nas bordas). A coloração da rocha também varia de cinza a rosa, conforme a sua composição mineralógica.

O Granito de Caçapava é totalmente envolvido pelas rochas metassedimentares do Grupo Porongos, cujas direções de foliação são geralmente paralelas e subparalelas às margens do granito, ou mesmo concordantes com as estruturas planares do próprio granito; ostentam auréolas de contato e irradiam diversas apófises graníticas que invadem concordante ou discordantemente as rochas encaixantes.

Datações radiométricas efetuadas neste corpo granítico, determinadas pelo método potássio/argônio em biotita, revelaram idades variáveis de 506 milhões de anos (Robertson, 1966) a 593 milhões de anos (Minioli e Kawashita, 1971). Cordani et alii (1974) fizeram datações radiométricas pelo método rubídio/estrôncio em rocha total que revelou uma isócrona de referência de 610 milhões de anos.

Ribeiro (1970), analisando as cifras de idades radiométricas e conjugando as evidências de campo observadas por ele, concluiu que o metamorfismo de contato produzido pelo Granito de Caçapava afetou até a Formação Hilário.

3.2.10.6 - COMPLEXO GRANÍTICO JAGUARI-LAVRAS DO SUL

Ribeiro et alii (1966) denominaram "stock" Complexo de Lavras do Sul um corpo de rochas graníticas situado próximo à localidade de Lavras do Sul.

Jost (1970), ao estudar estas mesmas litologias numa área mais a oeste, denominou-as Granito Jaguari.

Knijnik e Pozza (1971), devido à continuidade física existente entre o "stock" Complexo de Lavras do Sul e o Granito Jaguari, preferiram reuni-los numa só unidade, a qual chamaram Complexo Granítico Jaguari-Lavras do Sul, conceito este adotado no presente trabalho.

Este complexo granítico localiza-se na região centro-oeste da área estudada e é considerado intrusivo em rochas do Grupo Cambaí e formações Maricã e Hilário do Grupo Bom Jardim, devido ao metamorfismo de contato observado nestas rochas; seus contatos são feitos através de discordância e/ou por meio de falhamentos. Possui uma forma grosseiramente elíptica.

No campo apareceu sob a forma de matacões de dimensões variadas, granulação predominantemente grosseira, equigranular, cor avermelhada, estrutura isotropa, onde se observaram cristais de feldspato, máficos e quartzo. Os porfíros de feldspatos alcalinos são de grandes dimensões (até 5 centímetros), muitas vezes maclados segundo Carlsbad. A rocha é muito compacta, porém apresentou um grande número de fraturas de cisalhamentos, juntas e falhas que se orientam com direção NE-SW (principal) e NW-SE (subordinadas).

Este maciço, especialmente em sua porção oriental, encontra-se mineralizado com pirita aurífera, molibdenita e galena, tanto na forma disseminada como filonar, associado a veios de quartzo auríferos.

Minioli e Kawashita (1971) apresentaram idades de 573 milhões de anos (em feldspato potássico) e de 575 a 604 milhões de anos (em biotita).

3.2.10.7 - COMPLEXO GRANÍTICO DE SÃO SEPÊ

A denominação Complexo Granítico de São Sepê é de Sartori (1978), devido à variação petrográfica e às dimensões do corpo granítico.

O primeiro trabalho que enfocou o Granito de São Sepê foi realizado por Ribeiro (1965), que admitiu uma origem metamórfica para este granito. No ano seguinte, Ribeiro et alii (1966) denominaram este corpo granítico de "Stock Granito-Granodiorítico de São Sepê" e fizeram uma revisão das relações de contato e das características estruturais, as quais foram relatados nos trabalhos dos formandos da Escola de Geologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Estudos sistemáticos e detalhados foram realizados por Sartori (1978), o qual enfocou aspectos petrológicos e geocronológicos desta massa granítica.

O Complexo Granítico de São Sepê foi individualizado na região imediatamente a sudoeste da cidade de São Sepê e possui uma configuração alongada e irregular, com seu eixo maior orientado para nordeste, com cerca de 22 quilômetros de comprimento e largura média de 8 quilômetros. A configuração irregular é devida ao recobrimento pelas rochas da Formação Rio Bonito, que mascaram as reais dimensões do corpo granítico.

Estudos petrográficos realizados por Sartori (1978) evidenciaram, na parte centro-sul deste batólito, a presença de microgranito monzonítico e, na parte centro-norte, de granito monzonítico porfirítico. Envolvendo esta parte central foi evidenciado um granito subalcalino equigranular, que exhibe decréscimo na granulação, em direção às bordas do complexo.

No presente trabalho, o Complexo Granítico de São Sepé encontra-se recoberto transgressivamente pelos sedimentos das formações Rio Bonito e Palermo, com exceção do extremo sudoeste que se encontra em contato, com relação de intrusão, com os metassedimentos do Grupo Porongos, onde se desenvolveu uma nítida auréola de metamorfismo de contato, com rápida variação lateral do grau de metamorfismo (Ribeiro et alii, 1966).

Os dados geocronológicos existentes (Cordani et alii, 1974), além de novas determinações em rocha total pelo método rubídio/estrôncio, foram analisados por Sartori (1978), o que resultou numa isócrona de referência de 646 milhões de anos, para as rochas granito-monzoníticas da parte central do complexo granítico, a qual corresponde segundo este autor, à fase sin-tectônica de desenvolvimento do Ciclo Brasileiro. Para o granito subalcalino periférico obteve-se uma isócrona de referência de 507 milhões de anos que corresponde à fase pós-tectônica do referido ciclo orogênico.

3.2.10.8 - GRANITO DA RAMADA

Os primeiros trabalhos que trataram do Granito da Ramada foram os de Leinz et alii (1941) e de Melcher e Mau (1960); estes últimos pesquisadores verificaram que este granito era intrusivo na Formação Maricá.

O Granito da Ramada, no presente trabalho, foi individualizado em duas áreas: a principal é localizada ao norte do Planalto da Ramada (ao sul de Vila Nova) e a outra, de dimensões reduzidas, obser

vada a nordeste da principal, foi considerada por Ribeiro et alii (1966) uma projeção da primeira área. Na ocasião, estes últimos autores denominaram este pequeno corpo de "Stock Granítico do Cerro da Cria".

O principal corpo granítico possui o seu limite norte com as rochas do Grupo Cambaí, parcialmente por meio de falha. A nordeste limita-se com os metassedimentos do Grupo Porongos; a sudeste encontra-se intrusivo na Formação Maricá. O seu limite ocidental é feito com as rochas da Formação Acampamento Velho, através de falhas; ao sul encontra-se em contato com as efusivas da Formação Hilário.

O segundo corpo granítico é intrusivo nos ectinitos do Grupo Porongos.

Petrograficamente, muito se assemelha ao Complexo Granítico de São Sepê e sua composição varia de granítica a granodiorítica.

Cordani et alii (1974) realizaram datações radiométricas no Granito da Ramada e obtiveram uma isócrona de referência de 525 milhões de anos, o que sugeriu a estes autores uma correspondência com "as manifestações hipoabissais do vulcanismo de composição intermediária a ácida associado ao Grupo Camaquã, da base do Paleozóico".

3.2.10.9 - FORMAÇÃO ACAMPAMENTO VELHO

O nome desta unidade estratigráfica foi emprestado da localidade de Acampamento Velho, ao sul da Ramada, para designar as ocorrências de riolitos, dacitos e piroclásticos, denominadas por Ribeiro et alii (1966) Membro Acampamento Velho, o qual correspondia ao "Riolito Ramada", proposta por Robertson (1966). No entanto, a individualização do antigo Membro Acampamento Velho numa formação independente foi virtualmente proposta por Cordani et alii (1974), como resultado do trabalho de datação radiométrica no Escudo Sul-riograndense.

Assim como Ribeiro e Fantinel (1978), adotou-se esta última conceituação, atualmente identificada por uma associação de vulcanitos de composição riolítica a dacítica, tufos, lavas, arenitos e conglomerados derivados de detritos vulcânicos e pequenas massas intrusivas de granitos que lhes estão geneticamente relacionados.

Esta associação litológica constituinte da Formação Acampamento Velho repousa discordantemente sobre as rochas gnáissicas do Grupo Cambaí e/ou sobre outras associações litológicas dobradas, pertencentes ao Grupo Bom Jardim. Encontra-se abaixo do Grupo Camaquã, o qual é separado da Formação Acampamento Velho por meio de discordância, na maior parte erosional e apenas localmente de natureza angular.

Cordani et alii (1974) assinalaram a idade de 525 milhões de anos para esta formação.

• Esta unidade encontra-se representada somente na região da localidade de Acampamento Velho, serra de Santa Bárbara, ao norte de Vila Nova e a nordeste de Dom Pedrito. Ribeiro e Fantinel (1978) interpretaram esta última região como um conduto subvulcânico, com feições aproximadamente circulares (Chaminé de Serrinha), por onde ascendeu o material vulcânico, característico da associação litológica acima assinalada.

3.2.11 - GRUPO CAMAQUÃ

A primeira referência ao termo Camaquã foi feita por Carvalho (1932), sob a denominação de "Série Camaquã" para designar uma associação de rochas constituídas por arenitos e conglomerados.

A definição formal Grupo Camaquã é de Robertson (1966), o qual individualizou-o nas formações Santa Bárbara e Guaritas e Conglomerado Coxilha, separadas entre si por meio de discordância angular. No presente trabalho, foram individualizadas somente as formações Santa Bárbara e Guaritas.

3.2.11.1 - FORMAÇÃO SANTA BÁRBARA

A Formação Santa Bárbara é a unidade mais antiga do Grupo Camaquã e foi definida por Robertson (1966) no vale do arroio Santa Bárbara.

Encontra-se representada por camadas vermelhas, geralmente inclinadas (na região a leste de Caçapava do Sul são frequentemente horizontalizadas), constituídas predominantemente por arenitos arcóscos, associados a conglomerados, siltitos, argilitos e lavas de composição intermediária, como litologias alternativas ou subordinadas.

Ribeiro e Lichtenberg (1978) propuseram a formalização de dois membros para a Formação Santa Bárbara: Camadas Lanceiros, representadas proeminentemente pelos representantes sedimentares, e Roedeio Velho, conforme proposto por Ribeiro et alii (1966), representado pelas lavas de composição intermediária, intercaladas nas camadas de arenito.

As rochas constituintes da Formação Santa Bárbara ocorrem na região central da área estudada. Na região dos arroios Lanceiros e Santa Bárbara, esta unidade possui a sua maior representatividade areal e repousa sobre rochas mais antigas, tais como Grupo Porongos e formações Maricã, Hilário e Acampamento Velho; seus contatos são por meio de falhamentos e/ou por discordância.

Outra área de ocorrência de grande expressão areal é aquela que se situa numa faixa orientada para nordeste, a leste das Minas do Camaquã, na qual a Formação Santa Bárbara repousa sobre rochas dos grupos Cambaí e Porongos, além da Formação Arroio dos Nobres, através de discordância e/ou falhamentos.

A sudoeste da barragem Capanã foi individualizada uma faixa alongada e orientada para nordeste de rochas constituintes da Formação Santa Bárbara, a qual ocorre sobre rochas pertencentes ao Grupo Porongos e à Formação Arroio dos Nobres, através de falhamentos e de discordância.

Na região a oeste do arroio das Palmas, a Formação Santa Bárbara ocorre de uma forma grosseiramente triangular e repousa, através de falhamentos e/ou discordância, sobre as rochas do Grupo Cambaí.

3.2.11.2 - FORMAÇÃO GUARITAS

A primeira descrição da Formação Guaritas é de Robertson (1966), que elegeu sua área-tipo a localidade de Guaritas, que é composta por arenitos, brechas de tálus, conglomerados com siltitos e argilitos intercalados em quantidade subordinadas.

As atitudes das camadas desta formação são predominantemente horizontais e sub-horizontais, com mergulhos que se acentuam apenas nas regiões mais intensamente tectonizadas.

Recentemente, Ribeiro e Lichtenberg (1978) propuseram a formalização de dois membros: Camadas Guarda Velha (inferior), constituído predominantemente por detritos rudáceos, onde avultam brechas de tálus e fanglomerados que lateralmente gradua para arenitos arcóscicos grosseiros; e Camadas Varzinha (superior), individualizado por arenitos vermelhos, siltitos e argilitos intercalados, que formam camadas de grande continuidade lateral. Elegeram como áreas-tipo as localidades de Passo da Guarda Velha e Passo da Varzinha.

A Formação Guaritas ocorre principalmente na porção centro-leste da área estudada, onde foi individualizada uma larga e extensa faixa com orientação para nordeste, localizada a sudeste de Caçapava do Sul. Nesta área foi possível a separação entre as Camadas Varzinha (superior), nas proximidades das Minas do Camaquã, e as Camadas Guarda Velha (inferior), no restante da faixa individualizada.

Nesta área a Formação Guaritas repousa, através de discordância, sobre rochas do Grupo Cambaí (a sudoeste), do Grupo Porongos (a leste e a oeste), da Formação Arroio dos Nobres (ao sul), da Formação Cerro dos Martins (a noroeste e a sudoeste), da Formação Santa Bárbara (a oeste, sudoeste, sudeste, leste e nordeste). Ao norte encontra-se recoberta, através de discordância, pelos sedimentos gonduânicos da Formação Rio Bonito.

Ao sul das Minas do Camaquã, foram individualizadas outras áreas de ocorrência da Formação Guaritas, interpretadas no presente trabalho como representantes das Camadas Varzinha. Nesta região, a maior área individualizada localiza-se nas cabeceiras do arroio Torrinhas e repousa, através de discordância, sobre as rochas do Grupo Cambaí (a oeste), do Grupo Porongos (a leste), da Formação Arroio dos Nobres (ao sul) e da Formação Santa Bárbara (ao norte, noroeste e sudoeste). Ao sul da área individualizada, a Formação Guaritas encontra-se recoberta pelos sedimentos da Formação Rio Bonito.

3.2.12 - FORMAÇÃO CANELEIRAS

A proposição formal de Formação Caneleiras é de Tessari e Picada (1966), que consideraram a localidade de Boa Vista, próxima ao arroio Caneleiras, sua seção-tipo. Anteriormente, foi denominada "Arenito da Série Camaquã" por Franco (1944).

Segundo Tessari e Picada (1966), esta unidade estratigráfica é constituída, essencialmente, por uma sequência de rochas arenosas, siltitos e arenitos conglomeráticos. A sequência principia com um arenito conglomerático ou conglomerado, em geral mineralogicamente, muito imaturo, capeado por um horizonte de arenitos finos e siltitos compactos de cor avermelhada e estratificação muito difusa. Segue-se um nível arenoso, onde são encontrados estratificações cruzadas de correntes. Sobreposto a este, aparece outro horizonte arenoso, fino e síltico, com estratificação muito difusa, onde foram encontradas impressões de folhas e de caules, não identificados, o que eliminou a supos

ta correlação com o Grupo ("Série") Camaquã. O horizonte do topo é constituído por um arenito grosseiro, às vezes feldspático, intensamente silicificado. Os sedimentitos encontram-se fortemente litificados e diaclasados, e podem atingir até 200 metros de espessura.

Através de evidências regionais, geomorfológicas, estudos de ambiente de deposição, grau de diagênese, intensidade de tectonismo e conteúdo fossilífero, Tessari e Picada (1966) concluíram que a Formação Caneleiras é anterior ao Subgrupo Itararé e de idade possivelmente Devoniana (?).

Esta unidade sedimentar ocorre na porção sudeste da área estudada e encontra-se assentada discordantemente sobre as rochas ígneas de composição granítica e metamórfica do Grupo Porongos e também sobre os andesitos do Membro Rodeio Velho da Formação Santa Bárbara.

3.2.13 - GRUPO TUBARÃO

A primeira referência ao nome Tubarão foi feita por White em 1908 (Figueiredo Filho e Bortoluzzi, 1975); ele denominou "Série do Rio Tubarão" em alusão ao rio Tubarão, principal rio da região carbonífera de Santa Catarina.

Figueiredo Filho e Bortoluzzi (1975, p. 64) comentaram que "com a denominação de Grupo Tubarão, sugerida por Mendes (1962), as unidades Itararé e Guatã passaram à categoria de Subgrupo...", posteriormente adotada por Rocha-Campos (1967), "numa das mais importantes sínteses sobre o Grupo Tubarão".

No presente trabalho, adotou-se a classificação estratigráfica de Mendes (1962).

Na área estudada, o contato inferior do Grupo Tubarão é discordante sobre as rochas dos grupos Cambaí e Porongos e das formações Arroio dos Nobres e Cerro dos Martins. O contato superior com as rochas do Grupo Passa Dois é gradacional.

3.2.13.1 - SUBGRUPO ITARARÉ

O termo Itararé foi introduzido por Oliveira em 1916 (Figueiredo Filho e Bortoluzzi, 1975) para designar o conjunto de rochas formadas em ambiente marinho e glacial, que ocorre na base do Grupo Tubarão.

O Subgrupo Itararé, na área estudada, foi individualizado nas regiões a nordeste e a sudeste de Ibaré, no alto curso do arroio Igã (a sudeste de São Gabriel), a nordeste de Caçapava do Sul e no extremo centro-sul da área estudada, além de outras restritas ocorrências isoladas e não-representáveis na escala trabalhada.

Na região de Ibaré, o Subgrupo Itararé ocupa um estreito vale topográfico, condicionado a uma estrutura do tipo fossa tectônica, numa forma alongada na direção noroeste-sudeste, representado por três restritas áreas de ocorrência orientadas.

O Subgrupo Itararé é constituído por siltitos de aspecto porcelânico, siltitos arenosos e arenitos muito finos, todos de cor amarelada e rosada, bastante consolidados e com estratificação plano-paralela. Subordinadamente, ocorrem ainda conglomerados bem consolidados, constituídos por grânulos, seixos, pedras e matações de esfericidade e arredondamento baixos a regulares, muitas vezes estriados e facetados, imersos numa matriz areno-siltico-argilosa. As peças do arca bouço são de granito, quartzo leitoso, riolito, migmatito, gnaisse, xisto, andesito, ardósia e arenito.

As litologias do Subgrupo Itararé jazem, através de não-conformidade, sobre as rochas do Grupo Cambaí, do Complexo Granítico Jaguari-Lavras do Sul e da Formação Acampamento Velho e, através de discordâncias angular e erosiva, sobre as rochas do Grupo Porongos e das formações Maricã, Hilário, Arroio dos Nobres e Cerro dos Martins. Localmente, o Subgrupo Itararé tem contato por meio de falhamentos e está recoberto por sedimentos aluvionares recentes.

3.2.13.2 - SUBGRUPO GUATÁ

Gordon Junior (1947) estabeleceu para a localidade-tipo Guatá, a oeste de Lauro Mueller (Santa Catarina), a subdivisão do seu Grupo Guatá em Formação Rio Bonito e Folhelho Palermo, este posteriormente denominado Formação Palermo por Putzer (1952). Entretanto a denominação formal Subgrupo Guatá foi proposta por Mendes (1962).

a) Formação Rio Bonito

O uso pioneiro da denominação Rio Bonito se deve a White em 1908 (Figueiredo Filho e Bortoluzzi, 1975), o qual designou "Camadas Rio Bonito" às camadas sedimentares que contêm carvão, ao longo do rio Bonito, em Santa Catarina. A denominação formal Formação Rio Bonito se deve a Gordon Junior (1947).

Esta unidade estratigráfica é representada por bancos espessos de arenitos quartzo-feldspáticos, friáveis, esbranquiçados, amarelos e róseos (frequentemente ferruginosos) que se intercalam com camadas de folhelhos pretos (carbonosos), cinzentos ou claros e camadas de carvão.

Os arenitos da Formação Rio Bonito, no sentido para o topo do pacote, intercalam-se com camadas de folhelhos silty e argilosos, o que evidencia a zona de transição entre as formações Rio Bonito e Palermo.

As camadas da Formação Rio Bonito possuem atitudes sub-horizontais; entretanto, na sua parte basal, podem ocorrer mergulhos acentuados de até 30 graus, determinados por acomodações dos sedimentos e pela paleotopografia da área depositada.

Pelas suas características litológicas e estruturais, a Formação Rio Bonito apresenta-se como bom aquífero.

Esta unidade foi individualizada numa extensa faixa irregular de direção aproximadamente leste-oeste, na porção setentrional da área estudada, e possui continuidade para além da área mapeada. Uma segunda área de ocorrência encontra-se no extremo centro-sul da área estudada, além de pequenas áreas isoladas no quadrante sudoeste da área.

Na área estudada, depositou-se a Formação Rio Bonito em "overlap" e/ou localmente por meio de falhamentos sobre as rochas mais antigas, a qual tem por contato inferior as litologias dos grupos Cambaí e Porongos, além das formações Maricã, Arroio dos Nobres, Cerro dos Martins, Acampamento Velho, Santa Bárbara e Guaritas e do Complexo Granítico de São Sepé.

b) Formação Palermo

O termo Palermo foi introduzido na literatura por White em 1908 (Figueiredo Filho e Bortoluzzi, 1975) para designar um conjunto de folhelhos que se encontram sobrepostos às camadas carbonosas em Santa Catarina. Entretanto, a denominação Formação Palermo foi proposta por Putzer (1952), para substituir aquela de Folhelho Palermo, denominado por White em 1908 (Figueiredo Filho e Bortoluzzi, 1975).

Esta unidade é constituída por arenitos silticos, siltitos arenosos e arenitos finos, argilo-siltosos. As intercalações de areia com silte e argila, em lâminas lenticulares, emprestam à rocha um aspecto zebrado. A cor dos sedimentitos frescos é cinza claro em

certas lâminas e cinza escuro em outras; quando alterados, apresentam-se na cor amarela com tons esverdeados, chamando a atenção o fato de serem comuns as estruturas de escorregamento, estratificação lenticular (flaser) e outras estruturas sedimentares menores, tais como micro-estratificação cruzada, marcas de sola, estruturas em chamas e tubos de vermes.

Na área mapeada a Formação Palermo ocorre nas porções setentrional e meridional, em áreas descontínuas, frequentemente através de contato transicional, e localmente por meio de falhamentos sobre a Formação Rio Bonito. Na região de Bajé, esta formação repousa diretamente sobre rochas do Grupo Cambá, através de não-conformidade. A noroeste de São Sepé, o extremo setentrional do Complexo Granítico de São Sepé encontra-se recoberto, discordantemente, pela Formação Palermo. No extremo centro-sul da área estudada, esta unidade está depositada sobre rochas metamórficas do Grupo Porongos e sobre sequências vermelhas da Formação Arroio dos Nobres. O contato superior desta formação é transicional, principalmente com a Formação Irati. Encontra-se ainda sotoposta às formações Estrada Nova e Rosário do Sul (a oeste da barragem Capané) e à Formação Santa Tecla (a nordeste de Bajé).

3.2.14 - GRUPO PASSA DOIS

Em 1908 White (Figueiredo Filho e Bortoluzzi, 1975) reuniu uma espessa série de folhelhos, siltitos, camadas arenosas e calcários com camadas de sílex na sua "Série Passa Dois", a qual foi subdividida nas formações Irati e Estrada Nova e Calcário Rocinha.

O termo Grupo Passa Dois foi introduzido por Ribeiro et alii (1966), ao reunir as formações Irati, Estrada Nova e Rio Pardo. Esta última era considerada como o equivalente à Formação Rio do Rasto, proposta por White em 1908 (Figueiredo Filho e Bortoluzzi, 1975) e estudada na parte norte da Bacia do Paraná. Entretanto Gamermann (1973), estudando os sedimentos vermelhos que ocorrem entre as formações Estrada Nova e Botucatu, denominou-os Formação Rosário do Sul, a

qual pelo seu conteúdo fossilífero seria de idade Triássica; portanto, passou a pertencer ao Grupo São Bento. As demais unidades do Grupo Passa Dois foram reconhecidas como de idade Permiana inferior.

O Grupo Passa Dois repousa concordantemente sobre o Grupo Tubarão e é recoberto por meio de discordância pelo Grupo São Bento.

3.2.14.1 - FORMAÇÃO IRATI

A denominação Formação Irati foi proposta por White em 1908 (Ribeiro et alii, 1966, p. 137) a qual "se referia às camadas de folhelhos pirobetuminosos e aos calcários intercalados que ocorrem junto à cidade de Irati, no Paraná".

Esta formação, no Rio Grande do Sul, difere em seus aspectos faciológicos, do Irati do restante da Bacia do Paraná.

A Formação Irati é constituída por siltitos e folhelhos argilosos e silteicos laminados, com níveis, lentes, nódulos e concreções calcárias. Suas cores variam de cinza-esverdeado a cinza-escuro, marrom e preto. Localmente ocorrem folhelhos pretos, pirobetuminosos, como verificados na região de São Gabriel (Knijnik e Pozza, 1971).

As atitudes das camadas desta formação são sub-horizontais e seu mergulho regional é para o norte na região de São Gabriel e para o sul em Bajé.

A Formação Irati aflora em amplas faixas grosseiramente leste-oeste, ao norte e ao sul da área estudada. Extensas planícies aluviais recobrem parcialmente sua área de afloramentos, e muitas vezes, seus contatos.

O contato inferior desta unidade é transgressiva e faz contato direto com a Formação Rio Bonito ou com as rochas do Grupo Cambaí. Onde o contato se faz com a Formação Palermo, ele é concordante e transicional. Localmente, seu contato inferior é feito através de falhamentos.

Conforme Ribeiro et alii (1966), a Formação Irati é considerada do Permiano inferior, com base em sua fauna fóssil característica (Mesosaurus Brasilienses, Paulocares, Liocaris, impressões de folhas e asas de insetos).

3.2.14.2 - FORMAÇÃO ESTRADA NOVA

O termo Estrada Nova foi introduzido por White, em 1908 (Ribeiro et alii, 1966, p. 140) para designar "uma série de folhelhos que ocorrem..." a oeste da localidade de Minas, em Santa Catarina.

A Formação Estrada Nova tem uma distribuição semelhante às demais unidades gonduânicas sotopostas e aflora em amplas faixas grosseiramente leste-oeste, ao norte e ao sul da área estudada, estendendo-se para além dos seus limites.

O contato com a Formação Irati, sotoposta à Formação Estrada Nova, é transicional, observado através do aparecimento de lâminas de siltitos cor de vinho, intercaladas em siltitos cinza esverdeado. A cor de vinho torna-se cada vez mais intensa e predomina em direção ao topo da Formação Estrada Nova. Na região a leste da barragem Campanê, o contato entre as formações Irati e Estrada Nova faz-se por meio de falhamentos.

Nesta formação predominam os siltitos e arenitos de cor bordô e cinza, intercaladas. A estratificação é plano-paralela; tem-se também a estratificação cruzada lacustre e as marcas de ondas, verificadas onde a facies é arenosa.

3.2.15 - GRUPO SÃO BENTO

Originalmente White em 1908 (Figueiredo Filho e Bortoluzzi, 1975, p. 57) definiu o Grupo São Bento como "Série", o qual compreendia "as camadas vermelhas do Rio do Rasto, o grés de São Bento e as rochas eruptivas da serra Geral".

Recentemente, Gamermann (1973) realizou um estudo completo do limite Permo-Triássico, especialmente no Rio Grande do Sul, o qual visou resolver a questão da pluralidade de nomenclaturas e interpretações sobre uma mesma unidade. Neste sentido, pode redefinir o Grupo São Bento, tomando como base de estudo a Formação Rosário do Sul, a qual passou a integrar o referido grupo, agora constituído pelas formações sedimentares Rosário do Sul e Botucatu (esta última não-aflorante na área estudada), além das rochas básicas da Formação Serra Geral.

3.2.15.1 - FORMAÇÃO ROSÁRIO DO SUL

É o nome proposto por Gamermann (1973) para designar o pacote de rochas sedimentares que ocorre entre as formações Estrada Nova e Botucatu.

As diversas litologias que compõem a Formação Rosário do Sul têm a forma lenticular, o que origina grandes variações laterais e verticais. Arenitos médios a muito finos, com típicas estratificações cruzadas fluviais, encaixam-se em arenitos muito finos a siltitos. Associados a depósitos de canais, são comuns os fragmentos de argila e de silte, arrancados da planície de inundação e incorporados aos arenitos. As cores dos sedimentitos são em geral avermelhadas, podendo apresentar variações para tons rosados, amarelados e cinza esverdeado, entremeados nos tons avermelhados.

A Formação Rosário do Sul possui sua maior expressão areal na extremidade setentrional da área estudada, estendendo-se para além dos seus limites norte, oeste e leste. No extremo centro-sul da

área estudada, esta unidade também se acha representada, estendendo-se para além de seu limite sul. Esta formação normalmente repousa sobre a Formação Estrada Nova, através de contato transicional, porém, na área estudada, repousa também sobre unidades do Grupo Tubarão e sobre a Formação Irati.

3.2.15.2 - FORMAÇÃO SERRA GERAL

White em 1908 (Knijnik, 1974) denominou "Eruptivas da Serra Geral" aos derrames basálticos que formam o capeamento dos sedimentos gonduânicos da Bacia do Paraná. No entanto, a primeira referência às efusivas básicas oriundas de vulcanismo fissural, foi feita por Derby em 1878 (Willig et alii, 1974) o qual as denominou "Paraná Trapp".

No Rio Grande do Sul as rochas basálticas ocorrem cobrindo mais de 50 por cento da área total do estado e formam um extenso platô, além do limite norte da área estudada.

No que se refere à idade dos derrames básicos da Bacia do Paraná, encontra-se na literatura geológica uma concordância quase que unânime. Amaral et alii (1966) concluíram que as datações pelo método K/Ar situam-se entre 119 e 147 milhões de anos.

Na área estudada, a Formação Serra Geral está representada por diques e pequenos sills de rochas hipabissais, de composição basáltica e textura diabásica. Contudo, não foi possível a sua representação no mapa geológico, devido à restrição quanto à escala de trabalho.

A 8 quilômetros ao sul de São Sepê, na rodovia de ligação entre São Sepê e Caçapava do Sul, observou-se um pequeno sill de diabásio introduzido em arenitos da Formação Rio Bonito, contudo não representável no mapa geológico.

Na região de Piratini-Pinheiro Machado e Bajé, foi observada a ocorrência de diques de rocha básica, orientados segundo a direção noroeste, classificados petrograficamente (Tessari e Giffoni, 1970) como olivina-diabásio, os quais cortam unidades mais antigas que a Formação Caneleiras (não afetada).

3.2.16 - FORMAÇÃO SANTA TECLA

Sobre as rochas do embasamento cristalino e sedimentos gonduânicos, discordantemente assentadas, tem-se a Formação Santa Tecla, considerada de idade pós-cretácica, provavelmente do Terciário inferior (Tessari e Giffoni, 1970).

A Formação Santa Tecla foi inicialmente descrita por Carvalho (1932) com a denominação de "Série Santa Tecla", tendo-se por localidade-tipo a serra homônima, localizada a nordeste de Bajé. Geomorfologicamente é formada de remanescentes, em forma de "mesas", que integravam um antigo e extenso platô. Pequenos lagos são muito comuns neste tabuleiros.

Litologicamente, a Formação Santa Tecla é representada por conglomerados e arenitos avermelhados, compostos quase que exclusivamente por grãos de quartzo com cimento ferruginoso, friáveis ou extremamente endurecidos pela silicificação. O conglomerado é constituído por seixos arredondados e subarredondados, com a predominância de quartzo, e subordinadamente por rochas graníticas e metamórficas, em matriz altamente silicificada. Observam-se verdadeiras crostas de sílica que separam os seixos, preenchem fraturas e limitam um acamadamento pouco nítido. A estratificação é geralmente ausente. Os conglomerados são raros e acham-se em posição basal.

Sob o ponto de vista tectônico, Tessari e Giffoni (1970) observaram que esta formação é posterior a qualquer falhamento conhecido, não se notando em suas rochas quaisquer evidências de esforços mecânicos; outra particularidade é a completa ausência de diaclasamento.

A espessura da Formação Santa Tecla é variável em função da maior ou menor ação erosiva, a qual se situa entre 20 e 30 metros.

Na área estudada, a Formação Santa Tecla foi individualizada em três áreas: a primeira, de maior expressão areal, encontra-se ao norte de Bajé, e recobre discordantemente, as rochas do Grupo Cambaí e as formações Arroio dos Nobres, Cerro dos Martins, Rio Bonito e Palermo. A segunda área é localizada ao norte da primeira, nas cabeceiras dos arroios Taquarembó e Camaquã Chico e do rio Santa Maria; é recortada pela rodovia Bajé-São Gabriel e repousa sobre o Grupo Cambaí. A terceira área individualizada ocorre na região entre Lavras do Sul e Ibaré; é também recortada pela rodovia Bajé-São Gabriel e recobre as rochas do Grupo Cambaí e do Complexo Granítico Jaguari-Lavras do Sul.

3.2.17 - DEPÓSITOS QUATERNÁRIOS

Os depósitos Quaternários estão extensamente representados ao longo de vales dos principais rios e arroios localizados na porção setentrional da área estudada, tais como os rios Vacacaí, Jacuí e São Sepé e os arroios Petinguã, Capané, Irapuã, Acangupã, Igã e outros arroios com denominações locais.

Na porção meridional da área estudada, estes depósitos Quaternários ocorrem ao longo dos rios Santa Maria, Negro e Camaquã (ao sul de Santana da Boa Vista) e dos arroios Piraí e Pedregal, além do banhado do Salso.

Na região central da área estudada, estes sedimentos recentes foram individualizados nos arroios Seival e João Dias.

A grande predominância das aluviões ao norte da área estudada deve-se ao relevo relativamente plano, onde os rios facilmente inundam as suas várzeas, e às formações sedimentares susceptíveis a intemperização. Surgem assim banhados ou depósitos de areias cobertos de argilas escuras, ricas em matéria orgânica.

3.3 - TECTÔNICA E GEOLOGIA ESTRUTURAL

3.3.1 - TRABALHOS ANTERIORES

Os primeiros trabalhos que contribuíram para a tectônica da área estudada são o de Franco (1944) e o de Leinz e Pinagel (1945), que trazem dados a respeito da posição espacial dos corpos mineralizados por cassiterita da região de Encruzilhada do Sul (região centro-leste da área estudada).

O Falhamento de Açotêia foi referenciado pela primeira vez por Goñi et alii (1962), o qual foi prolongado para sul até o Uruquai.

No período de 1962/63 a Divisão de Fomento da Produção Mineral do Departamento Nacional da Produção Mineral realizou trabalhos em escala de semidetalhe (1:50.000), na região centro-norte do Escudo Sul-riograndense, o qual visaram especialmente caracterizar a geologia da Província Estanífera do Rio Grande do Sul. Nestes estudos foram identificadas e parcialmente mapeadas quase todas as estruturas e falhas da parte central do escudo, tais como o "graben do Piquiri", as falhas Cerro da Árvore e do Passo do Marinheiro, a Zona de Lamboanitos (sienito gnáissico) cataclasados e a Zona de Falhas da Vigia.

Entretanto, o primeiro trabalho que tratou especificamente dos problemas de tectônica no Rio Grande do Sul foi o de Picada (1965), que estudou a "Ocorrência de Migmatitos, Granitos e Graisens, controlados por Fraturas Regionais", e fez um esboço da zona de fraturamentos Vigia-Roque desde o Passo do Marinheiro até a Mina do Leão, além de uma tentativa de relacionar os diferentes granitos e falhas a determinadas fases de um ciclo orogênico.

Os falhamentos nordeste considerados por Tessari em 1965 (Tessari e Picada, 1966) como aquele que passa pela área mineralizada por cobre no Sienito Gnáissico Piquiri (que se estende para sudoeste,

fazendo o contato entre as rochas do Grupo Porongos e da Formação Arroio dos Nobres) e como aquele que se localiza nas imediações de Leão (que se estende também para sudoeste, na proximidades do Passo do Marinho, no rio Camaquã) constituem estruturas regionais, onde, através de deslocamento do tipo inverso, litologias mais antigas acavalam litologias mais jovens. O mesmo autor considerou as falhas de direção norte-sul (que deslocaram horizontalmente o Complexo Granítico Encruzilhada e onde se podem medir rejeitos direcionais de até 32 quilômetros) como falhas de deslocamento horizontal, e as falhas com outras direções como fraturamentos secundários associados aos falhamentos principais.

Em 1966 foi executado o mapeamento geológico em escala de semidetalhe (1:50.000) da Folha de Figueiras por Picada e Pinto (Picada, 1971), que acrescentaram dados fundamentais à tectônica rígida da parte central do Escudo Sul-riograndense, onde ficaram reconhecidos quatro direções principais de falhamentos: N40-50E (mais antigos), N15-20E (transcorrentes), e N5-10W e N75W (secundárias das falhas transcorrentes).

Na região Caçapava-Lavras do Sul foram caracterizados dois sistemas de falhas principais (Ribeiro et alii, 1966): o Sistema de Falhas Irapuã e o Sistema de Falhas do Cerro da Vigia. Para estes autores o Sistema de Falhas Irapuã é "mais antigo, provavelmente, originado durante a parte mais tardia da Orogenia Porongos. Este sistema de falhas nordeste influenciou decisivamente em toda a tectônica posterior e determinou a localização das atividades magmáticas subsequentes e mineralizações associadas". Caracterizaram o Sistema de Falhas do Cerro da Vigia como sendo representado "por fraturas tracionais de direção noroeste, as quais são proeminentes na metade leste da quadrícula de Caçapava do Sul, especialmente sobre a Formação Guaritas".

Jost e Villwock (1966) estudaram a região das cabeceiras do rio Vacacaí e verificaram a existência de discordância Cambá-Porongos, evidenciados principalmente:

- a) pela existência de conglomerado basal no Grupo Porongos;
- b) pelo comportamento mecânico da Formação Cambaí (Grupo Cambaí) durante a orogênese do Grupo Porongos;
- c) pelo nítido contato entre a Formação Cambaí (Grupo Cambaí) e o Grupo Porongos;
- d) pela ausência de qualquer influência metassomática ou de metamorfismo de contato nos xistos do Grupo Porongos;
- e) pelo fato de os xistos do Grupo Porongos conservarem indistintamente, tanto sobre as rochas de mais alto como de mais baixo grau de metamorfismo da Formação Cambaí (Grupo Cambaí), sempre o mesmo grau de metamorfismo;
- f) pelos efeitos do retrometamorfismo ocorridos sobre os migmatitos e sobre o Granito Jaguari, que mostram condições coincidentes com o grau de metamorfismo do Grupo Porongos (xistos verdes);
- g) pela presença comum de anticlinais do Grupo Porongos sobre sinclinais da Formação Cambaí (Grupo Cambaí).

Jost e Pinto (1970) verificaram, para a Folha Suspiro, que a tectônica plástica do Grupo Cambaí é constituída por um padrão de dobramentos holomórficos, de amplas anticlinais e sinclinais com orientação axial, inicialmente para noroeste, passando progressivamente, em direção ao norte, para uma orientação axial nordeste, as quais representam provavelmente um anticlinório. Estes autores classificaram a tectônica rígida da Folha Suspiro em:

- a) profunda, representada por fraturas de cisalhamento, falhas e zonas de milonitos de direção noroeste, subordinadamente norte e nordeste, a qual constitui, provavelmente, a tectônica mais antiga da região;
- b) superficial, representada por falhas diretas preenchidas por brechas possantes e diques de quartzo e de riolitos.

Picada e Tessari (1970) estudaram a Folha Pinheiros (1:50.000) e verificaram a presença de quatro direções de falhamentos dominantes: N20-50E (mais antigo), N5W a N10E (grandes falhas de rejeitos direcionais), N75W e N20-30W (secundários).

Tessari e Giffoni (1970) propuseram os termos Série Nordeste e Série Noroeste em substituição à proposição de Ribeiro et alii (1966), ou seja, Sistema de Falhas Irapuã e Sistema de Falhas do Cerro da Vigia, respectivamente. Para aqueles primeiros autores, estas duas séries são representadas por falhas diretas, inversas e de rasgamento, de idades diversas e com evidências de recorrência de reativações durante o decorrer dos tempos geológicos. Assinalaram que as falhas N40W, N30E e E-W são mais antigas e comumente constituem as zonas de fraquezas onde se podem encontrar filões graisenizados, vieiros quartzosos tungsteno-estaniíferos e pegmatitos. As falhas N-S e N70-80W são de rasgamento, sendo a primeira levógira e a segunda dextrógira, as quais apresentam rejeitos direcionais superiores a 20 quilômetros. Posteriormente às falhas de rasgamento, tem-se uma importante série de direção nordeste, representada por falhas inversas de alto ângulo e falhas diretas e reativadas que afetaram inclusive as camadas gonduânicas.

Ribeiro (1970a) apresentou uma nota prévia "Sobre um Padrão Orogênico evidenciado no Escudo Sul-riograndense" e relacionou as zonas de falhas N70E (ou E-W) como mais antigas, visto que foram arqueadas, truncadas ou cortadas em "X" pelos falhamentos posteriores, especialmente pelos de direção N30-50E. Os falhamentos N30-60W são os mais jovens, porém, ainda originalmente pré-cambrianos. O autor considerou que "todos estes falhamentos foram reativados subsequentemente em diversas ocasiões, porém, cada vez com menor intensidade à medida que se processava a cratonização".

Nesta época foram concluídos os mapeamentos geológicos das folhas de Caçapava do Sul (Bocchi, 1970) e de Bom Jardim (Ribeiro, 1970) em escala de 1:50.000. Nestes trabalhos os autores seguiram a classificação realizada por Ribeiro et alii (1966).

A região Bajê-São Gabriel foi pesquisada por Knijnik e Pozza (1971), que salientaram a existência de grande densidade de fraturas e falhas de grande extensão (20 a 30 quilômetros). Destas estruturas, os autores classificaram como sistema mais antigo as rupturas com direções variáveis entre N20E e N60E, com predominância da direção N35-45E, as quais foram aproveitadas por "diques de riolitos e de diabásios". Sobrepondo-se ao sistema de falhas anterior, verificaram rupturas com direção geral N30-60W. Os autores classificaram estas falhas como diretas e de rasgamento, sendo este último tipo mais frequente entre as falhas mais jovens. Citaram ainda que muitos destes falhamentos sofreram reativações, "durante o levantamento epirogênico da bacia gonduânica".

Picada (1971) fez uma análise dos dados divulgados até a época e iniciou com este trabalho uma sistemática da tectônica do Escudo Sul-riograndense. Destacou quatro sistemas principais, segundo suas direções preferenciais:

- a) Sistema de Falhas Dorsal de Cangussu (N40E), que compreende os grandes falhamentos de direção N35-75E, de idade Pré-Cambriana. Ao longo destas fraturas abissais, encontram-se alinhados diversos corpos de granitos e migmatitos, recortados por brechas, milonitos e cataclasitos de grandes dimensões.
- b) Sistema de Falhas do Passo do Marinheiro (N-S), que compreende as falhas com variações de N5W a N15E do tipo transcorrente. Secciona o Granito Encruzilhada além da zona de falha principal do Sistema de Falhas Dorsal de Cangussu.
- c) Sistema de Falhas Açotéia-Piquiri (N30E) com variações de N20-35E; estas falhas são apontadas como responsáveis pela formação de "grabens" e "horsts". O movimento predominante dos blocos foi vertical, sendo enquadrado no tipo genérico de gravidade.

- d) Sistema de Falhas Noroeste (N70W) com variações de N65-75W, sem desenvolvimento regional, que atinge de 5 a 10 quilômetros de extensão. Segundo este autor, estas falhas noroeste cortam normal ou diagonalmente as grandes estruturas dobradas dos grupos Porongos e Cambaí, sendo classificadas, genericamente, como falhas transversas.

Quanto às idades destes sistemas de falhas, Picada (1971) classificou como sistema mais antigo o da Dorsal de Cangussu, considerado de épocas pré-Porongos. "As falhas transcorrentes do Passo do Marinheiro comprovadamente são mais jovens que o sistema anterior, e sua máxima atividade é admitida no Pré-Cambriano superior, após os dobramentos dos ectinitos Porongos". O Sistema de Falhas Açotéia-Piquiri foi considerado como sendo do Eo-Paleozóico e encontra-se relacionado aos derrames andesítico e riolítico. "O Sistema Noroeste começou no Pré-Cambriano e parece ter-se prolongado no Eo-Paleozóico". Considerou ainda o autor que "estes quatro sistemas de falhas têm sido reativados ao longo dos tempos geológicos".

Em 1974 foram publicados pelo DNPM as folhas Uruguaiana (SH.21) e, Porto Alegre (SH.22) e Lagoa Mirim (SI.22), em continuidade ao Projeto Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo. Nestes trabalhos foi adotado "um novo modelo estrutural ("estruturas de placas"), na tentativa de explicar a evolução tectônica da região".

No Escudo Sul-riograndense distinguiram-se dois tipos principais de dobramentos:

- a) dobramentos desenvolvidos nas formações pré-cambrianas, resultantes do Ciclo Brasileiro, principalmente entre 620-600 m.a. que afetaram as rochas do Grupo Porongos (Tessari e Picada, 1966; Ribeiro et alii, 1966). São caracterizados por dobras paralelas e estreitas que se associam e formam grandes anticlinórios, concentrando-se, geralmente, nas zonas de grande mobilidade, ao longo dos principais alinhamentos. Dobras do tipo de

fluxo se restringem aos migmatitos do Grupo Cambaí e ocorrem nas vizinhanças de granitos tardi-orogênicos e em zonas de intensa migmatização;

- b) dobramentos da cobertura sedimentar pré-gonduânica, caracterizados por dobras de arrasto, exclusivamente relacionados aos alinhamentos (ou falhamentos) regionais.

A interpretação da tectônica rígida do Escudo Sul-riograndense, assim como a tectônica plástica, foi baseada no relatório final do Projeto Levantamento Aerogeofísico Camaquã, onde assinalaram-se dois sistemas de falhamentos:

- a) sistemas principais (N20-30E e N50-60W), sendo que os primeiros representam os falhamentos regionais com centenas de quilômetros de extensão, com deslocamentos verticais predominantes sobre os horizontais e formam fossas que controlam a deposição de sedimentos; os segundos são representados por falhas de tração, de traçado irregular e pouco extenso, e formam inúmeras fossas;
- b) sistemas secundários (N40-50E e N60-70E), sendo que os primeiros controlaram algumas intrusões graníticas (Cordilheira e Prestes), além de afetarem os granitos da Ramada, Cerro da Cria e São Sepê e apresentarem notáveis deslocamentos horizontais; os segundos fazem parte de um sistema subordinado e de importância regional secundária.

Hasui et alii (1975) distinguiram uma diferenciação tectônica longitudinal e transversal ao longo da região costeira entre a Bahia e o Uruguai, a qual denominaram Sistema de Dobramento Ribeira, formada no Ciclo Brasileiro (450-650 m.a.). No Rio Grande do Sul, este sistema encontra-se estruturado no sentido de NW para SE pela Faixa de Dobramento Tijucas e pelo Maciço Mediano de Pelotas.

Szubert et alii (1977) executaram o "Projeto Cobre nos Corpos Básico-Ultrabásicos e Efusivos do Rio Grande do Sul" em três áreas (São Sepê, Ramada e Dom Pedrito) constituídas por derrames riolítico-andesíticos do Grupo Bom Jardim e em três áreas (Vila Rufino, Mata Grande e Palma) de rochas da associação máfico-ultramáfica do Grupo Cambaí. Estes autores descreveram o comportamento geotectônico das áreas do projeto com base no trabalho de Ribeiro e Fantinel (1978), ainda em sua forma inédita, na época da execução do projeto. Os autores citaram que "nas áreas ofiolíticas as associações petroTECTônicas estão representadas por mélanges tectônicas ou imbricações tectônicas onde se justapõem tipos litológicos diferentes que normalmente não estariam conjugados e que estão sempre afetados por forte deformação e metamorfismo regional, em grau de facies xistos verdes".

Offield et alii (1977) executaram o mapeamento de estruturas do Sul do Brasil através de imagens LANDSAT, e fizeram uma abordagem do controle tectônico das mineralizações conhecidas. Neste trabalho os autores assinalaram a existência de uma zona estrutural E-W, verificada através de realçamento de imagem por computador ("Gaussian Stretched"), aproximadamente paralela ao rio Camaquã, sendo que o principal lineamento ocorre ao sul de Lavras do Sul e de Santana da Boa Vista e ao norte das Minas do Camaquã.

Ramos (1977) realizou um estudo das estruturas verificadas em imagens LANDSAT, relacionadas à exploração mineral da Argentina e do Brasil. No Brasil, o autor estudou as regiões das Minas do Camaquã e da Palma. Através de diagrama de frequência das feições lineares principais da região das Minas do Camaquã, verificou-se que o "trend" N20-30E é dominante sobre as direções N50-60W e concluiu-se que estas falhas noroeste exerceram um nítido controle na mineralização do cobre na região.

Ribeiro e Fantinel (1978) reestudaram a geologia do Escudo do Rio Grande do Sul através de associações petroTECTônicas. Estas associações foram estruturadas em três faixas ou zonas, alongadas se

gundo a direção NE-SW devido ao seu controle estrutural, e denominadas de Zona Leste, Zona Mediana e Zona Oeste. Ficou constatado pelos autores que as associações petrotectônicas do Escudo Sul-riograndense en con tram se "arranjadas segundo um posicionamento homólogo de cada lado da Zona Mediana". Salientaram os autores que "tal arranjo originou-se da evolução tectônica do Escudo Sul-riograndense, durante o Pré-Cam briano superior e, em parte, durante o Paleozóico inferior. Descreve ram as associações de rochas encontradas em cada zona, além de sua re la ção com as respectivas sequências temporais e denominação estratigrá fica.

Posteriormente, durante o XXX Congresso Brasileiro de Geologia, foram apresentados os seguintes trabalhos, que dão enfoque à tectônica do Rio Grande do Sul: Ribeiro e Lichtenberg (1978), Hasui et alii (1978) e Wernick et alii (1978).

Ribeiro e Lichtenberg (1978) apresentaram as principais características estratigráficas propostas em Ribeiro e Fantinel (1978), além dos aspectos tectônicos enfocados a partir de:

- a) considerações descritivas das unidades estruturais básicas, re presentadas pelas grandes associações de rochas com as deforma ções pertinentes a um antigo embasamento reativado, às sequên cias orogênicas dobradas e metamorfisadas, e às massas graníti cas;
- b) análise do significado da distribuição e natureza das associa ções petrotectônicas mais importantes, baseados no conceito de seu zoneamento de facies, deformação, metamorfismo, magmatismo e metalogênese.

Hasui et alii (1978) denominaram Regiões de Dobramentos Nordeste e Sudeste às unidades descritas anteriormente sob os nomes Ca ririana ou Nordeste Oriental e Ribeira. Os autores generalizaram a evo lução destas regiões de dobramentos em:

- a) Etapa inicial, desenvolvida entre cerca de 1,0 e 0,7 bilhões de anos. Houve deslocamentos ao longo de falhas profundas, o que permitiu o advento de sulcos e rugas e propiciou a sedimentação e um discreto magmatismo básico pré-tectônico.

- b) Etapa intermediária, desenvolvida entre cerca de 0,7 e 0,6 bilhões de anos. Deu-se metamorfismo regional de baixa e média pressão, assim como migmatização nos níveis mais profundos do interior das regiões de dobramentos. O magmatismo ácido foi proeminente e constituiu corpos de dimensões variadas, autóctones, parautóctones e intrusivos. A deformação foi polifásica com uma ou mais fases de dobramento holomórfico, e outras de caráter local, relacionadas à crenulação, intrusões e falhas. As regiões de dobramentos sofreram soerguimento orogênico.

- c) Etapa final, desenvolvida entre cerca de 600 a 450 milhões de anos. Instalaram-se antefossas e intrafossas, que alojaram de pósitos de molassa. Constituíram-se intrusões ácidas e derra mes ácidos e básicos. Uma importante lineagênese intensificouse e impõe a estrutura de blocos amendoados às regiões de do bramentos.

As regiões de dobramentos Nordeste e Sudeste foram examinadas por Wernick et alii (1978) quanto aos aspectos organizacionais e evolutivos, os quais foram confrontados com os modelos cinemático-geodinâmicos propostos. Estas regiões de dobramentos são constituídas por faixas dobradas e maciços medianos. Na conceituação dos autores, "as faixas de dobramentos mostram estruturas de caráter antiformal ou sin formal de portes diversos e os maciços medianos são de grandes dimen sões e formas variáveis". Estes autores concluíram que a definição da geometria e o esboço da evolução das regiões de dobramentos Nordeste e Sudeste são genericamente baseados na teoria geossinclinal, associada a movimentos de placas e de continentes, porém, com uma evolução "in situ" ensiânica.

3.3.2 - TECTÔNICA RÍGIDA

Numa observação do mapa geológico (Apêndice A) da área estudada, verifica-se imediatamente o marcante predomínio da tectônica rígida que se concentra quase exclusivamente no chamado Escudo Sul-riograndense, com domínio do desenvolvimento da direção nordeste-sudoeste.

Procurou-se enquadrar os fraturamentos identificados na área estudada, na classificação apresentada por Picada (1971), ou seja, sistemas de falhas Dorsal de Cangussu, Passo do Marinheiro, Açotéia-Piquiri e Noroeste.

As principais falhas que possivelmente pertencem ao Sistema de Falhas Dorsal de Cangussu (Apêndice B) são: F. Santa Helena (N50E), F. dos Duarte (N50E), F. Passo dos Carros (N50E), F. Cerro da Cria (N65E), F. Cerro dos Cabritos (N55E), F. Pessegueiro (N50E), F. Crespos (N50E), F. Silveira (N40E), F. do Graciano (N45E), F. Lopes (N35E), F. Cerro dos Martins (N35E), F. Cerro da Árvore (N45E), F. Boici-Xadrez (N55E), F. do Graciano (N65E), F. Piratini (N35E) e vários outros de menor expressão.

Destes falhamentos acima citados, o mais extenso é a Falha Boici-Xadrez com aproximadamente 70 quilômetros. Esta falha encontra-se seccionada pela Falha do Passo do Marinheiro. Para Picada (1971) os falhamentos deste sistema são de idade Pré-Cambriana (pré-Porongos).

No Sistema de Falhas do Passo do Marinheiro foram enquadrados os seguintes falhamentos (Apêndice B): F. do Passo do Marinheiro (N10E), F. do Paredão (N15E), F. Porongos (N15E), F. Cerro Alegre (N15E), F. Andradas (N5E), F. Santa Bárbara (N15E), além de diversas outras falhas menos expressivas.

A Falha do Passo do Marinheiro apresentou-se com uma ex tensão linear de aproximadamente 100 quilômetros e rejeito direcional medido de 32 quilômetros (Picada, 1971), com seu plano de falha inclinado de 85 graus para leste. Esta falha secciona o Complexo Granítico Encruzilhada, além da Falha Boici-Xadrez.

Outra importante falha deste sistema é a Falha do Par edão, que secciona o Granito Campina e contém importante zona mineralizada por cassiterita.

Segundo Picada (1971), os falhamentos do Sistema de Fa lhas do Passo do Marinheiro tiveram sua máxima atividade no Pré-Cam briano superior, após os dobramentos dos ectinitos Porongos.

Os falhamentos com variações de N20-35E, identificados na área estudada, possivelmente podem ser enquadrados no Sistema de Fa lhas Açotéia-Piquiri, tais como (Apêndice B): Zona de Falhas Açotéia-Piquiri (N35E), F. Aberta dos Cerros (N30E), F. Emiliano Tapera (N30E), F. do Espinilho (N30E), F. Caboclo (N20E), F. Passo dos Enfor cados (N25E), F. da Catarina (N35E), F. Segredo (N30E), além de diver sas outras pequenas falhas.

A principal estrutura deste sistema de falhas, a Zona de Falhas Açotéia-Piquiri, delimitou uma fossa ou vale de afundamento (Picada, 1971) com cerca de 250 quilômetros de extensão; esta zona corta diagonalmente o Escudo Sul-riograndense. Encontra-se preenchida por ro chas sedimentares Eo-Paleozóicas da Formação Arroio dos Nobres. Além das principais falhas laterais desta fossa ou vale de afundamento, fo ram observadas outras falhas (aparentemente paralelas) escalonadas, tí picas de zonas de grabens.

Quanto aos falhamentos enquadrados no Sistema de Falhas Noroeste, verificou-se na área estudada a existência de uma faixa no roeste-sudeste, que contém uma maior densidade destes fraturamentos, numa largura de aproximadamente 50 quilômetros e abrange a região de Lavras do Sul.

Destes falhamentos noroeste, os mais extensos são (Apêndice B): F. do Cambarã (N50W), F. Suspiro-Linhares (N35W), F. da Felicidade (N40W), F. do Jaguarzinho (N35W) e F. Casa de Pedra (N10W).

Segundo Picada (1971), os falhamentos noroeste iniciaram suas atividades no Pré-Cambriano, as quais provavelmente se prolongaram até o Eo-Paleozóico.

Além destes falhamentos, a área estudada encontra-se recortada por inúmeros lineamentos de extensões variadas (Apêndice B), e predominantemente orientados para o quadrante noroeste. Estes lineamentos ocorrem tanto nas rochas do Escudo Sul-riograndense como também nas coberturas gonduânicas.

Uma boa parcela dos falhamentos representados no mapa geológico (Apêndice A) são evidenciados no campo por cristas quartzíticas, por brechas possantes ou por diques de riolitos ou diabásicos.

3.3.3 - TECTÔNICA PLÁSTICA

No presente trabalho não foi possível fazer discriminações das estruturas dobradas; portanto não foram assinaladas no mapa geológico.

No entanto, procurou-se fazer uma breve descrição da tectônica plástica, com base em trechos discutidos nos trabalhos prévios de Tessari e Picada (1966), Ribeiro et alii (1966), Tessari e Giffoni (1970), Knijnik e Pozza (1971) e Picada (1971).

No trabalho de Tessari e Picada (1966), a tectônica de dobramento foi discutida principalmente nos sítios onde ocorrem as rochas do Grupo Porongos. Salientaram os autores que "os elementos utilizados na observação e identificação das dobras foram o bandeamento e a

xistosidade de gnaisses e xistos". Observaram que as "direções das xistosidades, dos bandeamentos e dos eixos das dobras orientam-se preferencialmente para o quadrante nordeste". Assinalaram que nas "cabeceras dos arroios Capanē e Piquiri ocorre grande número de dobras, alternadamente sinclinais e anticlinais, com eixos paralelizados (N20-30E) e muito próximos".

Na quadrícula de Caçapava do Sul, Ribeiro et alii (1966) discutiram os dobramentos das unidades estratigráficas afetadas por este tipo de tectonismo. Ênfase foi dada ao Grupo Porongos, onde observaram a presença da grande anticlinal de Santana da Boa Vista, que contém "um eixo que ondula na direção nordeste e mergulha para sudoeste". Os autores salientaram ainda que esta "estrutura faz parte de uma faixa de dobramento em anticlinal-sinclinal de grande porte que se estende para o sudoeste, na direção do Cerro dos Porongos".

É citado neste trabalho de Ribeiro et alii (1966) um arqueamento regional, na faixa que vai do Passo do Domingos até o norte do Cerrito do Ouro e Bossoroca, denominado pelos autores Arqueamento Lanceiros, identificado nos planos de xistosidade arqueados, os quais denotaram um eixo de direção nordeste. Segundo estes autores, ao longo deste arco encontram-se "sinclinais e anticlinais de segunda ordem, que normalmente mergulham para sudoeste, tanto na Formação Cambaí (Grupo Cambaí) como na Formação Vacacaí (Grupo Porongos)".

No trabalho de Tessari e Giffoni (1970) foi citado simplesmente que "estruturas dobradas foram observadas fundamentalmente no Pré-Cambriano e afetaram as formações Cambaí (Grupo Cambaí) e Vacacaí (Grupo Porongos)". Citaram também a presença de dobras localizadas nas formações Maricã, Arroio dos Nobres e Santa Bárbara, consequentes das falhas regionais.

A região entre Bajē e São Gabriel foi estudada por Knijnik e Pozza (1971), que salientaram que as "feições estruturais deduzidas a partir de poucas atitudes de xistosidade, medidas no campo em ro

chas dos grupos Cambaí (epibolitos e diadisitos) e Porongos, permitiram evidenciar que as direções de xistosidade, dos dobramentos e dos eixos das dobras se orientam preferencialmente para o quadrante NE".

Picada (1971) citou algumas estruturas dobradas em rochas migmatíticas do Grupo Cambaí, localizadas além dos limites nordeste da área estudada. Em rochas do Grupo Porongos foi identificada a maior estrutura dobrada da parte central do escudo, na configuração de uma grande sinclinal, a qual se apresentam seccionada por falhamentos e profundamente erodida. Encontra-se configurada dentro da bacia do arroio Boici, de onde toma a designação de sinclinal do Arroio Boici. O mesmo autor observou que o "seu eixo nordeste foi implantado em um vale de afundamento ou fossa, a estrutura típica do Sistema de Falhas Açotêia-Piquiri, preenchido por rochas sedimentares do Grupo Bom Jardim. O flanco leste foi deslocado para nordeste pela falha transcorrente do Passo do Marinheiro". Ainda neste trabalho, este autor citou a presença da anticlinal da Serra das Encantadas, reconhecida anteriormente por Ribeiro et alii (1966) com a denominação de anticlinal de Santana da Boa Vista.

Para Picada (1971), o estilo de dobramento verificado em seu trabalho é do tipo holomórfico, com dobras assimétricas.

3.4 - OCORRÊNCIAS CUPRÍFERAS

Dos recursos minerais conhecidos na área estudada, destacam-se os seguintes bens minerais mais importantes: cobre, carvão, calcário, estanho, tungstênio, ouro e outras ocorrências minerais localizadas e restritas. Destes bens minerais será enfocado somente o cobre.

Na área do presente trabalho foram assinaladas 63 principais ocorrências de cobre, além das Minas do Camaquã (Apêndice B), distribuídas entre 5 grupos distintos, por semelhanças litológicas, mineralógicas e tectônicas (Ribeiro, 1978):

- grupo associado às rochas básico-ultrabásicas;
- grupo associado aos grandes derrames riolítico-andesíticos;
- grupo associado ao vulcanismo andesítico ligado aos falhamentos nordeste;
- grupo associado a plutões graníticos;
- grupo sem ligação visível com rochas ígneas.

3.4.1 - GRUPO ASSOCIADO ÀS ROCHAS BÁSICO-ULTRABÁSICAS

Este grupo é constituído pelo complexo básico-ultrabásico do alto rio Vacacaí (Jost, 1966). Petrograficamente foram distinguidos (Ribeiro, 1978, p. 22):

- a) massas lenticulares de dunitos, harzbugitos e troctolitos;
- b) leitos finos de basaltos olivínicos e normais;
- c) faixas de andesitos com brechas e tufos vulcânicos; e
- d) ao menos um corpo intrusivo de piroxenitos cloritizados.

Estas litologias encontram-se normalmente em um mesmo corpo, e a sequência da base para o topo é, litologicamente, cada vez mais ácida e passa de um estágio plutônico (ultrabásico) para um vulcânico (básico). Este complexo encontra-se associado, interdigitadamente, com uma sequência sedimentar metamorfizada (Grupo Porongos).

Ribeiro (1978, p. 52) assinalou que as "informações coligadas indicam tratar-se de corpos diferenciados", o que lhe permitiu fazer uma classificação das ocorrências deste grupo em jazimentos de cobre ricos em níquel. A associação característica é Cu-Ni-Co. Fornece 2,25% da tonelagem mundial de cobre metálico. Os campos são pequenos, com uma média da tonelagem de cobre metálico por campo de 24.259 toneladas e teor médio de 1,07% Cu.

Este grupo é representado somente pela jazida da Palma (a localização das ocorrências ou jazidas podem ser observadas no Apêndice B).

A jazida da Palma encontra-se no chamado "conjunto ofiolítico da Palma" (Szubert et alii, 1977), que sofreu intensa deformação, constituindo uma ampla mêlange tectônica em que se justapõem des de ultramafitos serpentinizados até metariodacitos, que passam por metatagabros, metamafitos e rochas metassedimentares detriticas e químicas.

Para Ribeiro (1978) esta jazida apresentou-se com uma paragênese de pirita, calcopirita, arsenopirita, blenda, pirrotina, além da magnetita e, provavelmente, tennantita-tetraedrita. A pirita é o sulfeto mais abundante, seguido pela calcopirita; os demais são bastante raros.

3.4.2 - GRUPO ASSOCIADO AOS GRANDES DERRAMES RIOLÍTICO-ANDESÍTICOS

Este grupo foi pouco estudado para cobre, sendo estes derrames pertencentes a uma sequência vulcano-sedimentar. Os andesitos pertencentes à Formação Hilário encontram-se sobrepostos por riolitos da Formação Acampamento Velho, sendo comuns a presença de lavas de com posição intermediária, bem como a presença de sedimentos (grauvacas, conglomerados, etc...).

Ribeiro (1978) enquadró as ocorrências deste grupo em "amas" piritosas associadas a rochas vulcânicas. Este tipo fornece 9,9% do total de cobre metálico do mundo. Seus jazimentos têm teores médios de 1,5% Cu, são de porte médio e aparecem como "amas" subconcor dantes ou concordantes com as rochas encaixantes. A pirita predomina, acompanhada por sulfetos de Cu, Pb e Zn. Este grupo é representado pe las ocorrências de Porteiras e Seival (Tabela 3.1).

TABELA 3.1

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS OCORRÊNCIAS OU JAZIDAS, QUE REPRESENTAM O GRUPO ASSOCIADO AOS GRANDES DERRAMES RIOLÍTICO-ANDESÍTICOS

OCORRÊNCIA OU JAZIDA	Nº NO MAPA	TIPO DE MINERALIZAÇÃO	LITOLOGIA ASSOCIADA	ASSOCIAÇÃO DE MINERAIS	OBSERVAÇÕES
Forteiras	12	Oxidação de cobre na forma de disseminações e filões em falhas.	Rochas da Formação Rio, próximo ao contato com a Formação Maricá.	Malachita, azurita e calcopirita que preenchem fraturas.	Ribeiro (1970) enquadrou as ocorrências deste grupo em "amas" piritosas associadas a rochas vulcânicas. Este tipo formou 9,9% do total de cobre metálico do mundo; seus jazimentos têm teores médios de 1,5% Cu, são de porte médio e aparecem como "amas" subconcordantes ou concordantes com as rochas encaixantes. A pirita é acompanhada por sulfatos de Cu, Pb e Zn.
Seival	13	Bolsões irregulares, localizados próximo a falhas e disseminações em fraturas nos andesitos.	Lavas alteradas, tufos e gravas.	Calcopirita, bornita e pirita (primários), calcosina, malachita, azurita, crisócolita, ouro e prata nativos (superfinais) em ganga de baritina, calcita, quartzo e calcadônia.	A ocorrência do Seival tem uma reserva de 320.000 toneladas, com teores de 2 a 3% Cu e 3,5 g/ton de ouro.

3.4.3 - GRUPO ASSOCIADO AO VULCANISMO ANDESÍTICO LIGADO AOS FALHAMENTOS NORDESTE

Ribeiro (1978, p. 53) justificou a separação deste grupo em relação ao anterior pelo "condicionamento tectônico das rochas vulcânicas (que formam corpos alongados e balizados pelos falhamentos nordeste) e da própria mineralização (encaixada por falhamentos noroeste), bem como pela paragênese do minério".

O tipo filonar das ocorrências enquadradas neste grupo, a sua associação com grandes zonas de cisalhamento e a sua localização em fraturas de tração, a ganga de quartzo e outros silicatos e a presença de hematita, além de outros dados, levaram Ribeiro (1978) a classificá-los como jazimentos cupríferos com ferro oxidado, associados a rochas básicas intrusivas.

Fornece 2,38% do cobre metálico mundial e seus jazimentos possuem teores médios de 1,28% Cu.

Neste grupo foram enquadrados 24 ocorrências ou jazidas de cobre, as quais são descritas resumidamente na Tabela 3.2.

TABELA 3.2

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS OCORRÊNCIAS OU JAZIDAS, QUE REPRESENTAM O

GRUPO ASSOCIADO AO VULCANISMO ANDESÍTICO LIGADO

AOS FALHAMENTOS NORDESTE

OCORRÊNCIA OU JAZIDA	Nº NO MIPA	TIPO DE MINERALIZAÇÃO	LITOLOGIA ASSOCIADA	ASSOCIAÇÃO DE MINERAIS	OBSERVAÇÕES
Capão Grande	18		Rochas da Formação Maricá.	Azurita, cuprita e malaquita, que cimentam uma brecha resultante da intersecção das falhas N60E e N30E.	
Pessequeiro	16		Formações Acampamento Velho e Hilário.		
Cerro do Bugio	19	A mineralização apresenta maiores concentrações em veios de baritina, dispostos paralelamente à estratificação da rocha.	Camadas siltico-argilosas, de cor verde e amarelo, pertencentes à Formação Hilário.		
Silveira	14				
Espinilho	20				
Colônia	21	A mineralização aparece ao longo de uma zona afetada por falhas NE.	Grauwacas, siltitos e arenitos da Formação Maricá, intimamente associados aos andesitos da Formação Hilário.	Malaquita e calcosina são observadas a superfície juntamente com baritina, quartzo e calcita.	
Crespos	15			Malaquita, crisocola e calcosina, aparecendo em profundidade calcopirita, pirita e bornita.	
Passo do Carajá	25	Pequenos veios localizados em brechas de falhas N-S.	Andesito bastante cloritizado da Formação Hilário.	Malaquita, calcita e baritina.	

(continua)

Tabela 3.2 - Continuação

OCORRÊNCIA OU JAZIDA	Nº NO MAPA	TIPO DE MINERALIZAÇÃO	LITOLOGIA ASSOCIADA	ASSOCIAÇÃO DE MINERAIS	OBSERVAÇÕES
Passo dos Enforcados	27	A mineralização encontra-se associada a zonas brechadas N20W e N50W, e em vesículas de andesitos do topo.	Andesitos da Formação Hilita sobre conglomerados do Membro Vargas; ambas as unidades estão em contato por falha N20W com os sedimentos da Formação Santa Bárbara.	Malaquita associada ao quartzo e calcita, em vesículas de andesitos; a malaquita também observada disseminada no andesito. Nas brechas de falhas, os filões contêm malaquita, crisocola e calcosina (zona de oxidação); malaquita, crisocola e pirita (zona de minério primário).	A avaliação realizada por Fabrício em 1967 (Ribeiro, 1978), do minério associado à falha N20W indicou cerca de 90.000 toneladas com teor entre 0,7 e 0,9% Cu; somente na zona de enriquecimento supergênico (cimentação) têm-se 56.000 toneladas a 1,95% Cu.
Casa de Pedra	28	Mineralização controlada por falhas NW.	Espessos pacotes de arenitos e siltitos (Membro Vargas) e na Formação Hilita.	Malaquita.	
Barroão	29	Preenchimento de fraturas N40W.	Siltitos e arenitos finos do Membro Manguairão.	Malaquita.	
Mariana Lopes	30	Filonetes N60W/70NE.	Rochas gnáissicas do Grupo Cambaí.	Malaquita e azurita.	
Palmas	33	Filonetes associados a brechas de falhas e fraturamentos menores, todos com direção NW.		Oxidados de cobre em quartzo.	
Tocas	32				
Cerro da Vigia	34	Filões N8W/70-80NE.	Arenitos arcóscios, siltitos e arenitos do Membro Vargas.	Calcopirita, pirita, bornita, malaquita e crisocola em ganga de quartzo.	
Cerro das Contas	35		Impregnações em siltitos e arenitos do Membro Vargas.	Malaquita.	
Cerro da Angélica	40	Brechas de falhas secundárias orientadas para N30-60W.	Conglomerados intercalados com siltitos, arenitos e grauvacas do Membro Vargas.	Malaquita e rara calcosina.	

(continua)

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY.

Tabela 3.2 - Conclusão

OCORRÊNCIA OU JAZIDA MAPA	Nº NO MAPA	TIPO DE MINERALIZAÇÃO	LITOLOGIA ASSOCIADA	ASSOCIAÇÃO DE MINERAIS	OBSERVAÇÕES
Mertório R. de Freitas	45	Ativo controle tectônico (entrecruzamento de falhas NE e NW), que ocorre em zonas de brechas, sob a forma de oxidados, cupritas e de massas e filonetas.	Rochas da Formação Maricá, nos andesitos e nos sedimentos do Grupo Bom Jardim.	Pirita e calcopirita.	Tanto as ocorrências de Mertório R. de Freitas como Mangueirão estão dispostas ao longo da Faixa Caboclo, e são caracterizadas pela presença de arenitos e andesitos brechados N60W e de mineralizações associadas à hematita especular. Malaquita, cuprita e rara calcopirita formam a mineralogia do minério.
Mangueirão	46				
Picada Grande	50				
Iruburu Félix	51				
Salsinho	47	Mineralizações ao longo de juntas e de falhas N70-80W.	Conglomerados com mineralizações de cobre nativo, que podem apresentar uma película superficial de cuprita.	Cobre nativo que pode apresentar uma película superficial de cuprita.	Na ocorrência do Salsinho a espessura da zona mineralizada varia de 10 a 90 metros e o cobre nativo é intersticial ou está dentro dos seixos de andesitos, riolitos, siltitos, arenitos do Grupo Bom Jardim.
Viúva Palmira	48	Filões nitidamente controlados por falhas N30-60W/70-80SW.	Mineralizações associadas aos sedimentos do Grupo Bom Jardim.	Calcosina, azurita, pirita, malaquita, óxidos de ferro, sílica e carbonatos.	Essas três ocorrências ocorrem ao longo da Faixa Lopes, que apresentam como característica especial, o fato de possuírem afloramentos mineralizados dentro dos sedimentos da Formação Santa Bárbara.
Bom Jardim	49	Filões com direções NE e NW.	Sedimentos epidotizados da Formação Santa Bárbara e arenitos, conglomerados e andesitos do Grupo Bom Jardim.	Quartzo, pirita, calcopirita e galena.	

3.4.4 - GRUPO ASSOCIADO A PLUTÕES GRANÍTICOS

As diversas ocorrências cupríferas enquadradas neste grupo foram separadas nas que ocorrem sobre os corpos graníticos e nas que ocorrem nas encaixantes (grupos Cambaí e Porongos e Formação Hilário).

Sobre os corpos graníticos foram enquadradas 9 ocorrências de cobre, tais como: Butiã, Dourada, Aurora, Waldo Teixeira, Virgínia, Jangota ou Mina Velha, Pinheiro, Cerro da Árvore e Sanga Negra (Tabela 3.3). Estas 4 últimas ocorrências cupríferas foram enquadradas por Ribeiro (1978) em jazimentos de estanho cuprífero, os quais fornecem 0,70% do total de cobre metálico do mundo, com um teor médio de 2,10% para seus jazimentos.

Nas encaixantes de corpos graníticos foram enquadradas 15 ocorrências cupríferas, tais como: Cerro Verde, Vista Alegre, Merita, Volta Grande, Saraiva, Santa Bárbara, Andradas, Primavera, Elinor Spode, Bom Fim, Passo dos Burros, Picada dos Tocos, Arroio da Divisa, Faxina e Rosso 4 (Tabela 3.4).

TABELA 3.3

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS OCORRÊNCIAS OU JAZIDAS, QUE REPRESENTAM O GRUPO ASSOCIADO A PLUTÕES GRANÍTICOS

OCORRÊNCIA OU JAZIDA	Nº NO MPPA	TIPO DE MINERALIZAÇÃO	LITOLOGIA ASSOCIADA	ASSOCIAÇÃO DE MINERAIS	OBSERVAÇÕES
Butiã	03	Nestas ocorrências a mineralização é com ouro e pirita, sem cobre.	Estas ocorrências encontram-se sobre o Complexo Granítico Jaguari-Lavras do Sul.		
Dourada	05				
Aurora	06				
Malco Teixeira	07				
Virgínia	04				
Jangota ou Mina Velha	58	Filões de direções N10E.	Todas estas ocorrências são localizadas sobre o Complexo Granítico Encruzilhada.	Wolframita e cassiterita, onde o cobre, muito subordinadamente, aparece sob a forma de calcopirita.	Somente na ocorrência Virgínia aparecem, individualizados, minerais de cobre (calcopirite) associados a pirita e galena. Amostras do filão revelaram concentrações entre 2.000 e 8.100 ppm Cu; a enorme maioria das amostras indicaram valores abaixo de 50 ppm Cu.
Sinhão	60				
Cerro da Arvore	62				
Sança Néora	63				

TABELA 3.4

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS OCORRÊNCIAS OU JAZIDAS, QUE REPRESENTAM O
GRUPO ASSOCIADO A PLUTÕES GRANÍTICOS (ENCAIXANTES)

OCORRÊNCIA OU JAZIDA	Nº NO MPPA	TIPO DE MINERALIZAÇÃO	LITOLOGIA ASSOCIADA	ASSOCIAÇÃO DE MINERAIS	OBSERVAÇÕES
Cerro Verde	02	Filões de quartzo ao longo de uma faixa cataclásica, em fraturas secundárias, ou ainda sob a forma de disseminações.	Metabasitos e meta-andesitos do Grupo Cambal.	Cu-Au-Mo.	Szubert et alii (1977) consideraram que esta ocorrência originou-se de remobilizações da ação de tectonismo.
Vista Alegre	09	A mineralização é com ouro; aparecem ainda prata, zinco e chumbo.	Estas ocorrências são localizadas nos andesitos da Formação Hilário.	Calcopirita, bornita, azurita, covelina, cobre griz e malaquita.	Volta Grande é a maior destas ocorrências; formada por cerca de 30 filões de direção N65W, dos quais os mais extensos se prolongam por 200 metros, com uma posseza média de 15 metros. Os filões são formados por quartzo, com mineralizações de calcopirita, bornita, malaquita, pirita, galena, ouro e hematita. O tipo de mineralização mais frequente é o disseminado, com principalmente pirita aurífera aparecendo sob a forma de disseminações junto aos filões.
Marica	09				
Volta Grande	10				
Saraiva	11				
Santa Bárbara	22	Disseminações em zonas de falhas NW que afetam os xistos.	Xistos do Grupo Porongos.	Bornita, calcopirita e malaquita, além de quartzo e baritina.	
Andradas	23	Disseminações ao longo da Falha dos Andradas.	Clorita-xistos do Grupo Porongos.	Calcosina, calcopirita, calcopirita, bornita, cobre nativo, malaquita e carbonatos.	Esta ocorrência é tida como hidrotermal clássica, com abundante lixiviação das rochas carbonatadas e substituição destas por minerais de cobre. Suas reservas foram avaliadas em 3,5 milhões de toneladas, com um teor de 0,45% Cu.
Primavera	24	Disseminações nos xistos-verdes e em fraturas desfechadas dos brechados.	Xistos-verdes fraturados e brechados do Grupo Porongos.	Calcosina, crisocola e malaquita.	Esta ocorrência está localizada na intersecção da Falha dos Andradas com uma falha NW. Avaliações indicaram reservas de 120.000 toneladas, com teores entre 0,7 e 1,3% Cu.

(continua)

Tabela 3.4 - Conclusão

OCORRÊNCIA OU JAZIDA	Nº NO MAPA	TIPO DE MINERALIZAÇÃO	LITOLOGIA ASSOCIADA	ASSOCIAÇÃO DE MINERAIS	OBSERVAÇÕES
Eliner Spode	41	Encaixadas em brechas e falhas.	Xistos do Grupo Porongos.	Minerais oxidados e raros sulfetos primários, com exceção de Eliner Spode.	Estas ocorrências são localizadas na borda norte do Granito de Caçapava. A ocorrência de Eliner Spode situa-se em calcários do Grupo Porongos, onde aparecem massas de calcopirita de até 20 por 10 centímetros, dentro de pequenos veios situados nos planos de falhas e acompanhados por uma série de minerais oxidados e por clorita, crisotila e antigorita.
Bom Fim	42				
Passos dos Burros	43				
Picada dos Tocos	44				Picada dos Tocos é formada por pequenas vênulas com minerais de cobre e hematita, encaixadas em falhas que cortam os xistos anfíbolíticos e rochas calcó-silicatadas do Grupo Porongos.
Arroio da Divisa	52	Com exceção de Rosso 4, as outras ocorrências aparecem encaixadas em zonas de falhas.	Rochas do Grupo Porongos.	Oxidados de cobre e galena.	Estas ocorrências são localizadas na borda norte do Granito de Caçapava.
Faxina	53				Na ocorrência Rosso 4 foram observadas, pela primeira vez no Rio Grande do Sul, mineralizações primárias dentro dos xistos do Grupo Porongos. Trata-se de uma rocha meta-vulcânica ácida que contém, dentro dos planos de xistosidade, alongados segundo estes e acompanhando as microdobras, cristais de pirita e alguma pirrotina e calcopirita.
Rosso 4	54				

3.4.5 - GRUPO SEM LIGAÇÃO VISÍVEL COM ROCHAS ÍGNEAS

Este grupo é distinguido daquele "associado ao vulcanismo andesítico ligado aos falhamentos nordeste" (Seção 3.4.3), apenas pela ausência, nas imediações das ocorrências cupríferas, de rochas ígneas intrusivas ou extrusivas, mormente as formações Hilário e Acampamento Velho. Estes dois grupos reúnem a maioria das ocorrências de cobre do Escudo Sul-riograndense, e o ponto de união entre ambos é o metalotecto do tipo Minas do Camaquã.

As principais características comuns entre estes dois grupos são:

- a) a fonte de mineralização é ainda desconhecida;
- b) o controle tectônico é semelhante entre si e aos das Minas do Camaquã;
- c) os indícios estão encaixados preferencialmente em rochas do Grupo Bom Jardim;
- d) os filões estão localizados próximo a sistemas de falhas nordeste.

Neste grupo foram enquadradas as ocorrências cupríferas de Maroca, Encruzilhada, Petinguã, Piquiri Norte, Piquiri Sul, Cerro dos Martins, Cerro das Ovelhas, Severo Colares e Vítor Teixeira (Tabela 3.5), além das Minas do Camaquã.

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS OCORRÊNCIAS OU JAZIDAS, QUE REPRESENTAM O GRUPO SEM LIGAÇÃO VISÍVEL COM ROCHAS ÍGNEAS

OCORRÊNCIA OU JAZIDA	Nº NO MAPA	TIPO DE MINERALIZAÇÃO	LITOLOGIA ASSOCIADA	ASSOCIAÇÃO DE MINERAIS	OBSERVAÇÕES
Maroca	36	Encaixadas em fraturamentos N60-80W, situados no prolongamento dos filões mineralizados das Minas do Camaquã.	Arenitos arcósianos do Membro Mangueirão.	Filões de quartzo, com pequenas disseminações de malaquita.	Localizadas na região das Minas do Camaquã.
	37	Encruzilhada			
Petinguã	55	Pequenos filões N20E/50SE	Sedimentos dos membros Vargas e Mangueirão.	Malaquita, azurita e rara calcosina.	
Piquiri Norte	59	Disseminações nos planos de acanamento e nas microfraturas.	Siltitos de cor cinza clara intercalados concordantemente com os siltitos avermelhados.	Malaquita nos siltitos cinza.	
Piquiri Sul	61				
Cerro dos Martins	38	Filões encaixados em falhas N40-60W e mergulhos altos para SW e NE, secundárias ao sistema de falhas N18-30E. A mineralização é filonar, representada por brechas de falhas silicificadas ou não e cimentadas por baritina e sulfetos de cobre.	Arenitos do Membro Mangueirão, conglomerados do Membro Vargas, andesitos e riolitos.	Calcosina, baritina, quartzo e malaquita, além de rara crisocolla e azurita.	As reservas do Cerro dos Martins foram calculadas por Eckert e Fabrício em 1970 (Ribeiro, 1978) em 489.500 toneladas de minério com teores entre 0,80 e 1,33% Cu e 283.650 toneladas de minério com teores entre 0,41 e 0,76% Cu.
Cerro das Ovelhas	39	Filões N55W/80NE e N55E/60SE encaixados em falhas direções.	Sedimentos e andesitos do Grupo Bom Jardim e rochas do Grupo Porongos.	Baritina com malaquita e raramente calcosina, azurita e crisocolla.	Recentes trabalhos de detalhe (sondagens curtas realizadas pela Companhia Brasileira do Cobre em 1977) nesta ocorrência mostram que, aparentemente, trata-se de lentes decamétricas (espessura de 2 a 3 metros, e largura e comprimento de 20 a 40 metros). Estes corpos acham-se distribuídos irregularmente, tanto vertical como lateralmente. As espessuras máximas observadas foram da ordem de 4 metros e o teor, na faixa de 0,32% Cu; são comuns níveis com teores entre 0,3 e 0,5% Cu.

(continua)

Tabela 3.5 - Conclusão

OCORRÊNCIA OU JAZIDA	Nº NO PAPA	TIPO DE MINERALIZAÇÃO	LITOLOGIA ASSOCIADA	ASSOCIAÇÃO DE MINERAIS	OBSERVAÇÕES
Severo Colares	31	Filões N60-70W/ZONE, em zonas de falhas NW, junto a intersecção com a Falha Catarina.	Rochas do Grupo Cambai.	Calcopirita, pirita, galena e bornita.	
Vitor Teixeira	17	Manchas descontínuas de oxidados de cobre.	Xistos-verdes do Grupo Po rongos.		Ocorrência pobre e restrita, sem possibilidade económica (Socchi, 1970).

As litologias e os indícios das ocorrências Piquiri Norte e Piquiri Sul são em muitos aspectos semelhantes aos de Cerro dos Martins; destacam-se algumas principais diferenças:

- a) maior comprimento e espessura, em afloramento, das camadas mineralizadas das ocorrências Piquiri Norte e Piquiri Sul, em relação a outros indícios conhecidos;
- b) menor intensidade de tectonismo, apesar de tratar-se de um "graben" e de as camadas sedimentares possuírem um alto mergulho, elas têm excelente continuidade em superfície, já que os fraturamentos têm a mesma direção nordeste do acamamento; e
- c) a ausência dos andesitos da Formação Hilário e de outras rochas vulcânicas é outro fato distintivo em relação ao Cerro dos Martins e a outras áreas semelhantes.

As Minas do Camaquã encontram-se em rochas sedimentares dobradas da Formação Arroio dos Nobres, constituída por uma sequência sedimentar dos membros Mangueirão (arenitos e siltitos) e Vargas (arenitos e conglomerados). Tectonicamente, ocorrem aí grandes falhamentos regionais nordeste, paralelos entre si, e ainda uma série de falhas noroeste, perpendiculares às regionais e de pequena extensão superficial (algumas centenas de metros). As Minas do Camaquã são constituídas, principalmente, pela Mina Uruguai e Mina São Luiz, as quais são descritas a seguir, segundo Teixeira et alii (1978) e Ribeiro (1978):

- a) Na Mina Uruguai o principal controle da mineralização foi o tectônico, seguido do litológico, principalmente para as disseminações. Os filões desta mina preenchem falhas e fraturas N50-70W com mergulhos altos tanto para nordeste como para sudoeste. O bloco da mina é limitado por falhas, denominadas Principal e Secundária. Ao longo da Falha Principal predomina o minério em veios que chegam, localmente, a atingir até 40 centímetros de espessura; por vezes no plano de falha o teor é baixo, porém, próximo a ele o teor em disseminação cresce. Os

limites em profundidade da mineralização ao longo da Falha Principal não são conhecidos.

- b) A mineralogia do minério da Mina Uruguai é formada por calcopirita, bornita, calcosina e pirita, em ordem decrescente de abundância. Sabe-se que a quantidade de pirita aumenta em profundidade, em relação à calcosina, e que a calcopirita tem uma distribuição mais uniforme, donde ser ela o mineral primário mais abundante. O minério contém ainda pequenas quantidades de ouro e prata. Entre os minerais supergênicos aparecem calcosina, malaquita e crisocola, seguidos em proporções menores por covelina, antlerita, brochantita, azurita, cuprita e cobre nativo. A ganga do minério é formada por hematita, baritina, quartzo e calcita. Caulinizações, sericitizações, silicificações e cloritizações foram descritas como produtos de alteração hidrotermal da rocha encaixante (Bettencourt, 1972).
- c) Quanto ao comportamento de cada mineral-minério da Mina Uruguai, verificou-se que a bornita apresenta-se mais comumente em veios, enquanto a calcosina ocorre mais frequentemente disseminada e mais raramente em veios.
- d) Na Falha Principal da Mina Uruguai, a bornita é predominante, mas no resto da mina existe uma área central de pirita-calcopirita com áreas de bornita que aparecem mais a noroeste.
- e) Na Mina São Luiz a mineralização deu-se, principalmente no conglomerado denominado Superior, ao longo de falhas e fraturas de tração, predominantemente em torno de N20W e mergulhos de 60° a 80° para nordeste. Apenas os filões denominados Esperança, Barnabé e São Júlio fogem deste padrão: o primeiro tem direção aproximadamente N-S com mergulho médio de 65° a 70° para sudoeste. A mineralização é formada principalmente por calcopirita e subordinadamente por calcosina e bornita; a pirita sempre aparece associada à calcopirita. A espessura média destes

filões principais está entre 30 e 40 centímetros. Nos núcleos formados por estes filões principais, onde o conglomerado apresenta-se bastante cloritizado, aparecem filões secundários de calcopirita, pirita e disseminações destes mesmos minerais na matriz do conglomerado.

- f) As reservas do minério das Minas do Camaquã têm aumentado progressivamente, à medida que são aprimorados os conhecimentos sobre a jazida e pesquisadas novas áreas. A situação das reservas das Minas do Camaquã, em fevereiro de 1978 era a apresentada na Tabela 3.6 (Ribeiro, 1978).

TABELA 3.6

SITUAÇÃO DAS RESERVAS DAS MINAS DO CAMAQUÃ EM FEVEREIRO DE 1978

SECTOR	MINERIO (TON)	TEOR (%)	Cu CONTIDO (TON)
Mina Uruguai até o N-1.000	16.300.000	0,94	154.500
Mina Uruguai do N-1.000 ao N-2.100	3.390.000	1,37	46.530
Mina São Luiz	8.770.000	1,10	97.080
Zona Intermediária e Falha Cemitério	2.368.000	1,16	27.523
Minério possível na Mina Uruguai	4.450.000	1,14	50.978
Total	35.278.000	1,06	376.661

FONTE: Ribeiro (1978), p. 87.

- g) Está prevista para as Minas do Camaquã uma produção de 12.000 toneladas por ano de cobre concentrado; a usina de concentração está projetada para 4.500 toneladas de minério por dia.
- h) O minério será fornecido pelas duas minas atualmente existentes. A Mina São Luiz continuará sendo lavrada por subsolo e na Mina Uruguai será conjugada a lavra subterrânea nos níveis

mais profundos com a lavra a céu aberto nos níveis superiores. As duas minas serão interligadas em subsolo e operarão com apenas um poço de extração. O minério será lavrado por "sub-level stoping", em painéis de 60 metros de altura, com três subníveis intermediários. Este método permitirá maior recuperação da reserva, melhores condições de segurança ao pessoal da mina e uma operação mais rápida e produtiva.

As ocorrências Armazém e Coxilha Grande (Apêndice B) localizam-se no Sienito Gnáissico Piquiri; portanto não foram enquadrados em nenhum dos grupos anteriormente descritos.

A ocorrência de Coxilha Grande corresponde a 6 locais onde são observados antigos trabalhos mineiros (trincheiras, galerias e poços). Na margem esquerda do arroio Papagaio encontra-se uma galeria (ocorrência Armazém) em razoável estado de conservação que, como as demais galerias e trincheiras da área, tem direção leste-oeste. Em rejeitos da escavação podem-se observar quartzo e feldspato (em iguais proporções) associados à pirita e calcopirita (com maior porcentagem para o último mineral), além da malaquita. A rocha onde está encaixado o veio encontra-se cisalhada.

CAPÍTULO 4

ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS COM IMAGENS MSS-LANDSAT

Neste capítulo procurou-se fazer uma análise dos dados obtidos através de imagens MSS-LANDSAT, com a descrição dos principais critérios discriminatórios entre as unidades estratigráficas individualizadas. Procurou-se também analisar estatisticamente os dados de fraturamentos presentes na área estudada com o intuito de verificar o seu padrão geométrico geral, assim como analisar três áreas (regiões de Lavras do Sul, das Minas do Camaquã e do Passo do Marinheiro) através de processamentos automáticos no I-100.

4.1 - CRITÉRIOS PARA A DISCRIMINAÇÃO DE UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS

O processo de extração de informações de um dado alvo da superfície, através da análise da resposta espectral nas imagens MSS-LANDSAT, consistiu, basicamente, na identificação e análise dos diferentes padrões tonais/cores e texturais em cada canal espectral. A metodologia para a individualização das unidades estratigráficas foi discutida na Seção 2.2.3.

As características fotogeológicas serão descritas nos canais 5 ou 6, além da composição colorida (dos canais 4, 5 e 7), de acordo com a melhor diferenciação fotogeológica apresentada nas imagens relacionadas na Tabela 2.1.

De maneira geral, as unidades estratigráficas individualizadas no presente trabalho apresentaram-se orientadas para o quadrante nordeste, como reflexo do seu condicionamento tectônico-estrutural.

PRECEDING PAGE BLANK NOT FILMED

Numa análise global da área estudada, verificou-se através do canal 6 de imagens MSS-LANDSAT, que as tonalidades extremas identificadas nas unidades mapeadas foram: Grupo Porongos, principalmente na porção oriental (tonalidade escura) e Formação Maricã e Membro Mangueirão da Formação Arroio dos Nobres (tonalidade cinza claro).

Apesar de a Formação Maricã e o Membro Mangueirão se apresentarem com a mesma tonalidade de cinza, elas foram diferenciadas pelas suas texturas, ou seja, a Formação Maricã apresentou-se com uma textura fracamente rugosa, enquanto o Membro Mangueirão apresentou-se com uma textura relativamente lisa.

Segue-se uma descrição sucinta das unidades individualizadas, com suas principais características fotogeológicas discriminativas verificadas em imagens MSS-LANDSAT (Apêndice D).

Grupo Cambaí

Nas áreas com predominância de rochas migmatíticas, esta unidade se apresentou com tonalidade de cinza médio (canal 6) e textura que se aproximou da segmentar heterogênea média com densidade variável, denotada pelos diversos canais de drenagem classificados no padrão dendrítico (Figura 4.1). Localmente ocorre o padrão retangular, consequência de trechos de rios estruturados. Nas áreas onde ocorrem rochas xistosas associadas aos migmatitos (Figura 4.2), o fator-guia que as diferenciou das áreas migmatíticas foi a tonalidade cinza médio, fracamente mais escura (canal 6).

ORIGINAL PAGE
BLACK AND WHITE PHOTOGRAPH



Fig. 4.1 - Foto da região do arroio Camaquã Chico, ao norte de Bajê, obtida do canal 6 de imagens MSS-LANDSAT.

Aspecto da área migmatítica do Grupo Cambaí, que de nota uma textura que se aproxima da segmentar heterogênea média, resultante dos diversos canais de drenagem sobre estas rochas.

ORIGINAL PAGE
BLACK AND WHITE PHOTOGRAPH



Fig. 4.2 - Foto da região de Vila Palma, obtida do canal 6 de imagens MSS-LANDSAT.

Aspecto da área ectinítica do Grupo Cambaí, que se apresenta estruturada nas falhas nordeste Santa Helena, dos Duarte e Passo dos Carros, difusamente observáveis na reprodução.

Grupo Porongos

O fator-guia diferencial desta unidade foi o padrão textural encurvado homogêneo médio (Figura 4.3), denotado pela xistosidade dobrada, característica da unidade (principalmente na porção oriental da área estudada); apresentou-se com um padrão de drenagem arborescente pinada. Na região de Caçapava do Sul, o Grupo Porongos é constituído por quartzo-mica-xistos, quartzitos carbonosos e metaconglomerados, os quais se apresentaram nas imagens com textura lisa a fracamente rugosa (Figura 4.4) e tonalidade cinza claro (canal 6).



Fig. 4.3 - Foto da região a sudoeste do Passo do Marinheiro, obtida de composição colorida MSS-LANDSAT.

Na porção central da foto, observa-se o padrão textural encurvado homogêneo médio, denotado pela xistosidade dobrada do Grupo Porongos. O padrão de drenagem é arborescente pinada (foto não-orientada).

ORIGINAL PAGE
BLACK AND WHITE PHOTOGRAPH

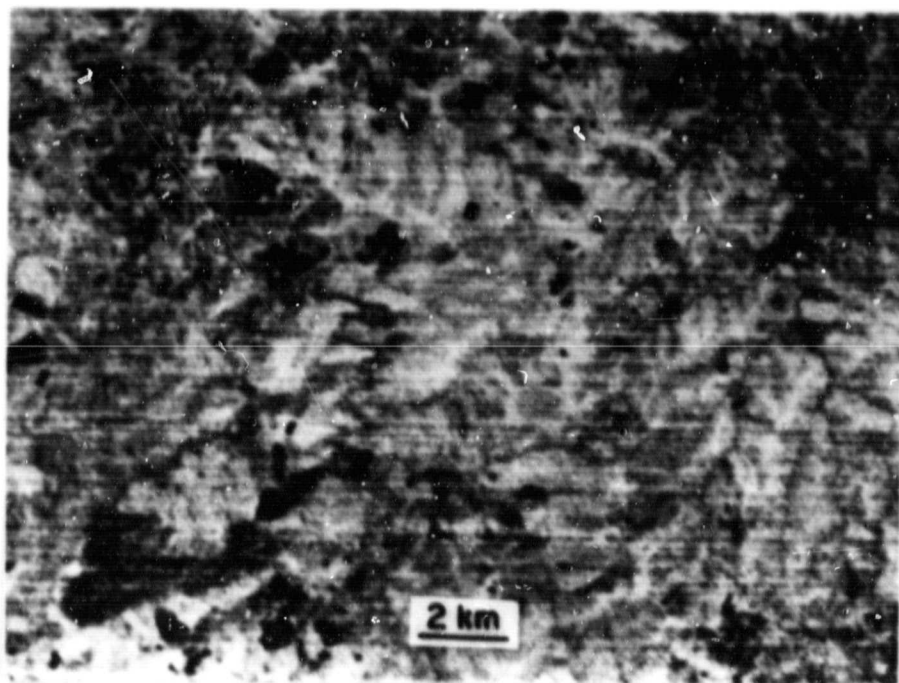


Fig. 4.4 - Foto da região a noroeste do Granito de Caçapava, obtida do canal 6 de imagens MSS-LANDSAT.

Outro aspecto de ocorrência do Grupo Porongos (quartzo-mica-xistos, quartzitos carbonosos e meta conglomerados), onde se observa textura lisa a fracamente rugosa e tonalidade cinza claro. Na extremidade oriental da foto têm-se as rochas da Formação Maricã.

Sienito Gnáissico Piquiri

Esta unidade foi representada parcialmente na área estudada, o que dificultou sua caracterização geral. Apareceu com uma textura medianamente rugosa, mesclada com lisa, nas cores vermelho média e vermelho clara (Figura 4.5).

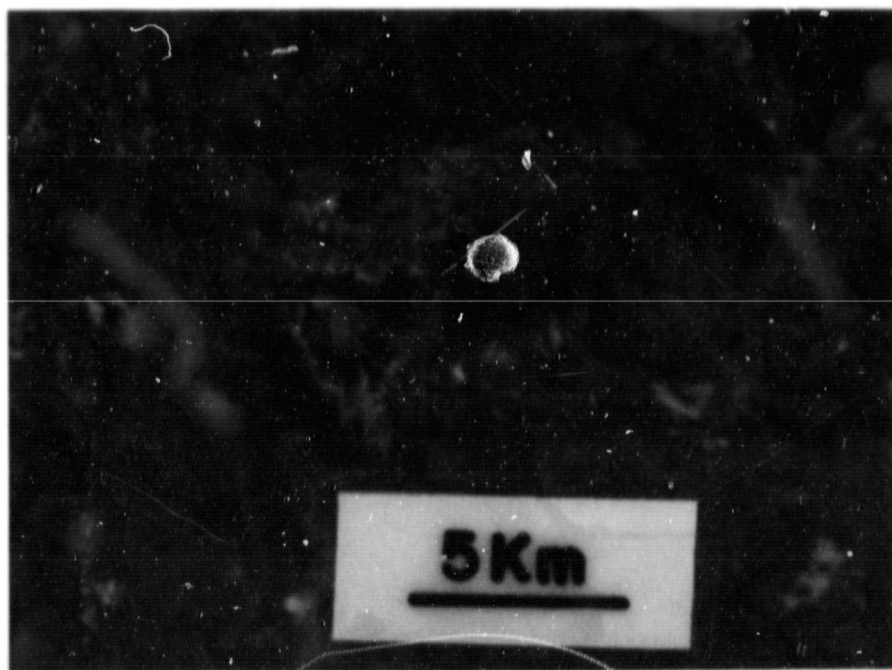


Fig. 4.5 - Foto da região de ocorrência do Sienito Gnáissico Piquiri, obtida de composição colorida MSS-LANDSAT.

Observa-se no centro a sua textura medianamente rugosa, mesclada com lisa, nas cores vermelho média e vermelho clara.

ORIGINAL PAGE
COLOR PHOTOGRAPH

Complexo Granítico Dom Feliciano

Sua possível individualização foi facilitada pela presença quase constante de atividades agrícolas, que resultaram numa cor vermelho média mesclada por pequenas manchas esverdeadas e/ou claras; sua textura pode ser considerada granulada heterogênea densa (Figura 4.6).

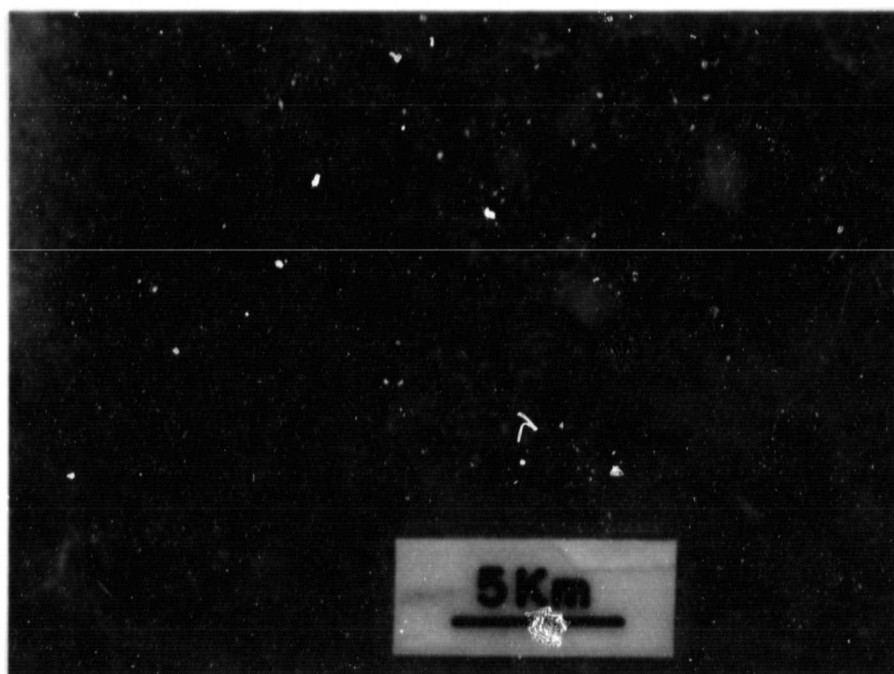


Fig. 4.6 - Foto da região de Piratini, obtida de composição colorida MSS-LANDSAT.

O Complexo Granítico Dom Feliciano encontra-se associado às atividades agrícolas, o que resultou numa cor vermelho média mesclada com pequenas manchas esverdeadas e/ou claras e textura que se aproxima da granulada heterogênea densa.

Complexo Granítico Encruzilhada

Caracterizado pelas texturas medianamente rugosa e rugosa (localmente) e cores vermelho média (Figura 4.7) e vermelho escura a média.



Fig. 4.7 - Foto da região imediatamente a sudoeste do Passo do Marinheiro, obtida de composição colorida MSS-LANDSAT.

O Complexo Granítico Encruzilhada encontra-se representado numa faixa central (arroyo Guaramano), grossseiramente N-S, em texturas medianamente rugosa e rugosa e cor vermelho média.

Granito Arroio dos Ladrões

Apresentou-se com textura segmentar esparsamente heterogênea e cor vermelho clara a média (Figura 4.8).



Fig. 4.8 - Foto da região a noroeste de Piratini, obtida de composição colorida MSS-LANDSAT.

O Granito Arroio dos Ladrões ocorre numa faixa irregular NE-SW, na parte central da foto, com textura segmentar esparsamente heterogênea, cor vermelho clara a média e relevo dissecado, se comparado com o Complexo Granítico Dom Feliciano (a sudeste da foto). A noroeste têm-se as rochas do Grupo Porongó (cor vermelho escura).

ORIGINAL PAGE
COLOR PHOTOGRAPH

Granito Cordilheira e Migmatitos Associados

Esta unidade ocorre em regiões de grandes falhamentos regionais (falhas Boici-Xadrez, do Graciano e do Passo do Marinheiro, além de outras representadas parcialmente na área). Devido a este intenso tectonismo, as características originais foram mascaradas, apresentando-se atualmente com textura rugosa (região da Falha Boici-Xadrez) e medianamente rugosa (região do rio Camaquã) e, respectivamente, nas cores vermelho média a escura e vermelho média (Figura 4.9). Nas áreas de migmatitos associados ao granito, a resposta espectral foi diferenciado do granito por apresentar atividades de uso do solo.

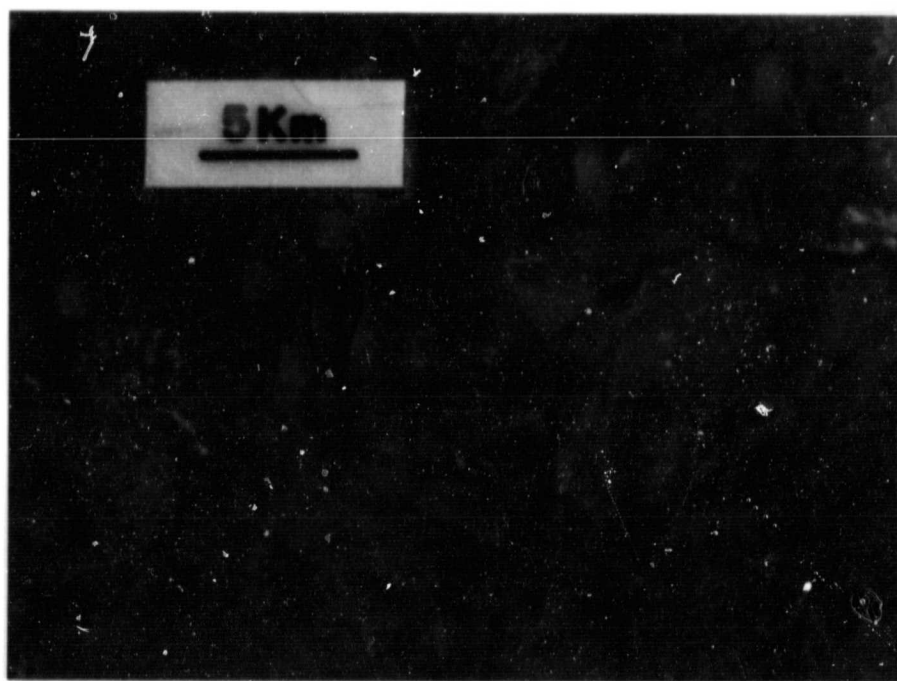


Fig. 4.9 - Foto da região do arroio Pedregal, ao norte de Piratini, obtida de composição colorida MSS-LANDSAT.

O Granito Cordilheira e Migmatitos Associados acham-se representados na porção central da foto, bastante estruturados, com uma textura rugosa e cor vermelho média a escura. Nas áreas migmatíticas, associadas ao granito, observam-se atividades do uso do solo (manchas esbranquiçadas). No canto superior esquerdo (onde está a escala gráfica) têm-se as rochas do Grupo Porongos e no canto superior direito, os sedimentos arenosos da Formação Caneleiras (textura lisa e cor vermelho média a clara). Foto não-orientada.

Granito Prestes

Apresentou-se com características semelhantes às da unidade anterior, pelas mesmas condições (tectonismo). No entanto, a sua textura apresentou-se pouco mais rugosa e numa cor vermelha pouco mais escura (Figura 4.10).



Fig. 4.10 - Foto da região do Passo do Marinheiro, obtida de composição colorida MSS-LANDSAT.

As áreas de cor vermelho escuro e textura rugosa, abaixo do rio Camaquã, representam a forma de ocorrência do Granito Prestes, que se encontra estruturado por falhamentos regionais nordeste. No canto inferior direito tem-se o Granito Arroio dos Ladrões e na porção centro-superior, imediatamente ao rio Camaquã, tem-se o Granito Cordilheira.

ORIGINAL PAGE
COLOR PHOTOGRAPH

Granito Campina

Caracterizado por textura média a fracamente rugosa e cor vermelho média (Figura 4.11). O corpo meridional (imediatamente ao sul do rio Camaquã) aparentemente apresentou-se com delgado recobrimento de arenitos da Formação Caneleiras, denotado pela textura fracamente rugosa a lisa.

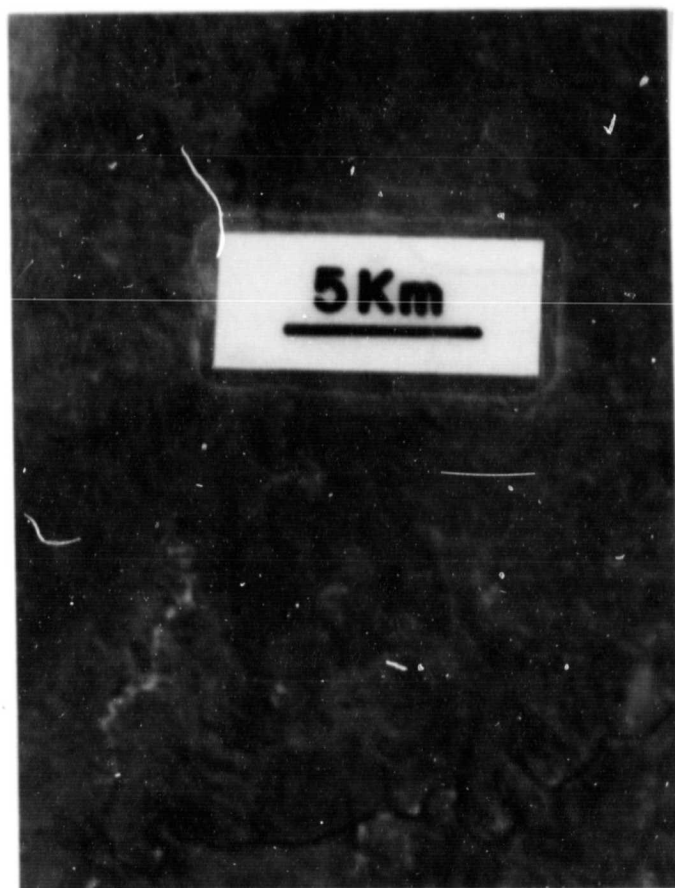


Fig. 4.11 - Foto da região da desembocadura do arroio dos Vargas, obtida de composição colorida MSS-LANDSAT.

O Granito Campina acha-se representado na porção centro-inferior da foto, junto ao rio Camaquã, caracterizado por textura média a fracamente rugosa e cor vermelho média. No canto inferior esquerdo tem-se a cobertura sedimentar da Formação Caneleiras. O restante da foto representa o Grupo Porongos.

Formação Maricã

Foi individualizada principalmente pela sua tonalidade cinza claro (canal 6), sendo relativamente a mais clara de todas as unidades da área estudada (Figura 4.12). A textura pode ser considerada lisa a fracamente rugosa, denotada pela presença predominante dos arenitos arcossianos, grauvacas e/ou arcósios. Na região a noroeste de Caçapava do Sul, esta unidade se apresentou com tonalidade cinza escuro (canal 6) e textura encurvada heterogênea fina (Figura 4.4).

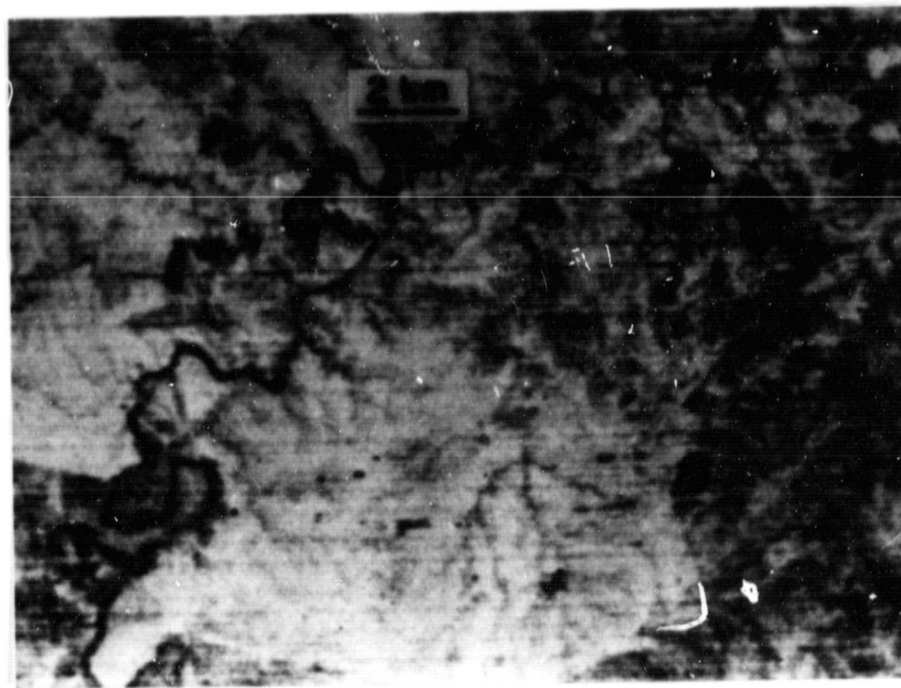


Fig. 4.12 - Foto da região ao sul de Lavras do Sul, obtida do canal 6 de imagens MSS-LANDSAT.

Observa-se a tonalidade relativa mais clara da área estudada e a textura lisa a fracamente rugosa da Formação Maricã. Na porção oriental têm-se as rochas andesíticas da Formação Hilário.

Formação Arroio dos Nobres: Membro Mangueirão

Foi caracterizado por textura relativamente lisa (Figura 4.13) e tonalidade cinza claro (canal 6), semelhante à anterior, como reflexo da presença predominante de sedimentos arenosos.



Fig. 4.13 - Foto da região das Minas do Camaquã, obtida do canal 6 de imagens MSS-LANDSAT.

A sudeste da represa da mina tem-se o Membro Mangueirão da Formação Arroio dos Nobres, representado por textura lisa e tonalidade cinza claro. A noroeste deste membro, representado por textura medianamente rugosa e tonalidade cinza médio, têm-se as rochas areníticas e conglomeráticas do Membro Vargas da Formação Arroio dos Nobres. Ao sul das Minas do Camaquã, junto ao rio Camaquã (à esquerda da escala gráfica), têm-se as rochas vulcânicas de composição intermediária do Membro Rodeio Velho da Formação Santa Bárbara, representadas por textura lisa a medianamente rugosa e tonalidade cinza médio a claro.

Formação Arroio dos Nobres: Membro Vargas

Esta unidade foi caracterizada por textura medianamente rugosa (Figura 4.13) e tonalidade cinza médio (canal 6), que se assemelha com as características apresentadas pelo Grupo Porongos (região da Zona de Falhas Açotêia-Piquiri); no entanto distinguiu-se deste por sua tonalidade relativa mais clara.

Formação Cerro dos Martins

As características apresentadas por esta unidade (Figura 4.14) possuem certa semelhança com aquelas observadas nos membros Vargas e Mangueirão. Isto é devido à constituição litológica da Formação Cerro dos Martins (sequência com variações litológicas desde siltitos até conglomerados associados a pequenos corpos de andesitos). Portanto apresentou-se com tonalidades clara e escura (canal 6) e texturas lisa (sedimentos finos a médios) e rugosa (conglomerados), respectivamente. Esta unidade foi individualizada da Formação Arroio dos Nobres somente para diferenciar a sua sequência vulcano-sedimentar daquela predominantemente sedimentar.

ORIGINAL PAGE
COLOR PHOTOGRAPH

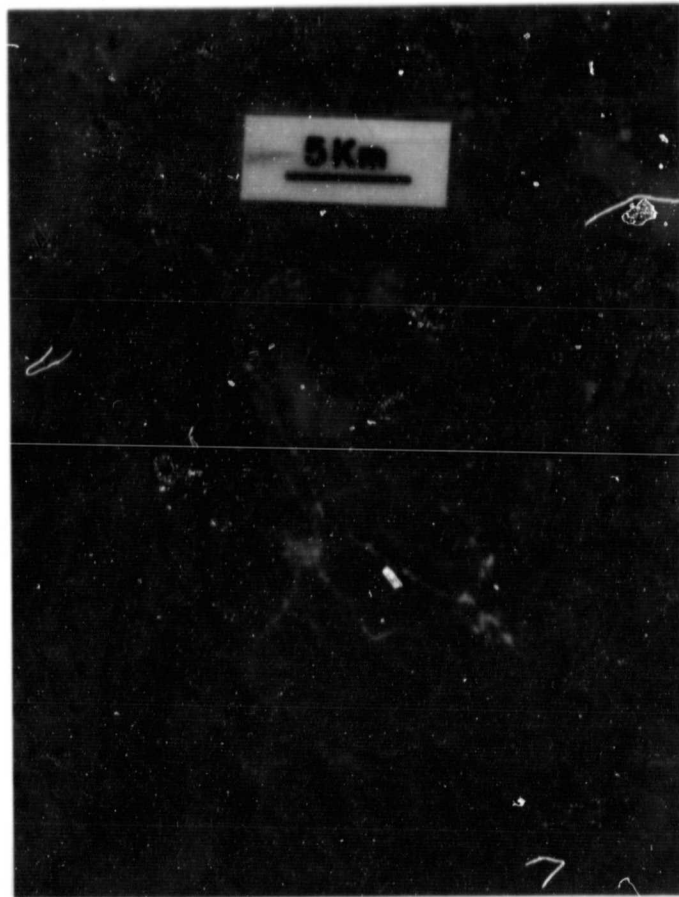


Fig. 4.14 - Foto da região de Caçapava do Sul, obtida de composição colorida MSS-LANDSAT.

O Granito de Caçapava apresenta-se com uma forma aproximadamente dômica, na qual se situa a cidade de Caçapava do Sul, na sua parte mediana e centro-oeste da superfície do corpo granítico. Encontra-se representado por textura medianamente rugosa e cor vermelho média. É totalmente envolvido pelas rochas do Grupo Porongos. A leste e a sudeste do granito têm-se rochas da Formação Cerro dos Martins, caracterizada por texturas lisa (sedimentos finos a médios) e rugosa (conglomerados) e a oeste, rochas da Formação Santa Bárbara (Camadas Lançeiros).

Formação Hilário

Esta unidade foi caracterizada a leste do Complexo Granítico Jaguari-Lavras do Sul e na região do planalto da Ramada. Na primeira área (Figura 4.12) tem-se uma textura medianamente rugosa com pequenas áreas medianamente lisas, com tonalidades cinza médio e cinza claro (canal 6), respectivamente. A região da Ramada (Figura 4.15) apresentou-se com tonalidade cinza claro a médio (canal 6) e textura lisa a medianamente rugosa.

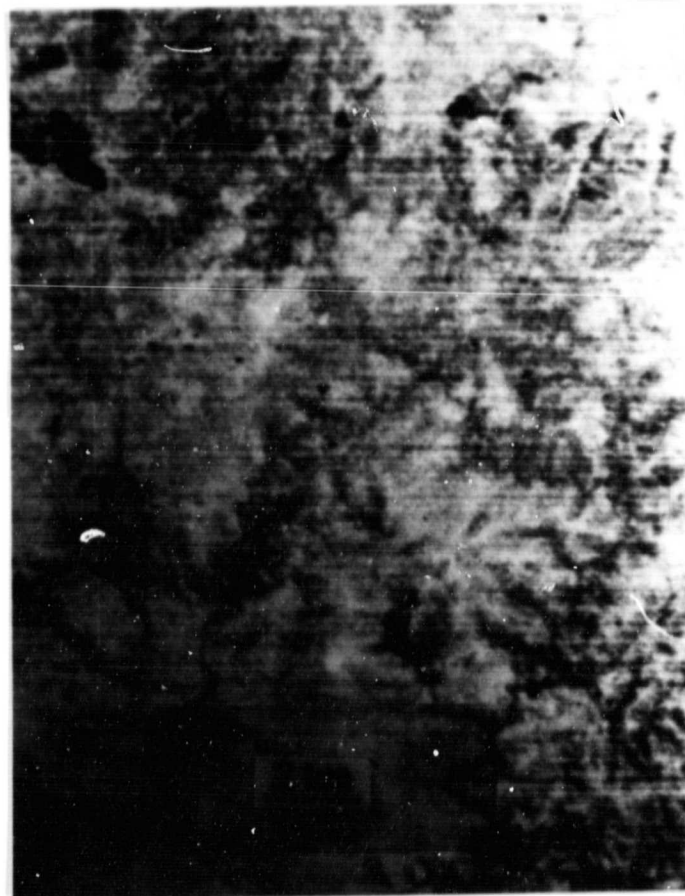


Fig. 4.15 - Foto da região a sudeste do planalto da Ramada, obtida do canal 6 de imagens MSS-LANDSAT.

A Formação Hilário nesta região encontra-se representada no centro inferior da foto, com as características acima descritas. No canto inferior esquerdo têm-se as rochas da Formação Maricá, na porção centro-ocidental as efusivas da Formação Acampamento Velho e na porção superior direito o Granito da Ramada.

Granito de Caçapava

Apresentou-se com cor vermelho média e textura medianamente rugosa (Figura 4.14).

Complexo Granítico Jaguari-Lavras do Sul

Este corpo granítico apresentou-se com texturas (Figura 4.16) fracamente rugosa (na porção oriental) e medianamente rugosa (na porção ocidental), nas cores vermelho média e vermelho média e escura (principalmente na borda ocidental do corpo granítico), respectivamente.



Fig. 4.16 - Foto da região do Complexo Granítico Jaguari-Lavras do Sul, obtida de composição colorida MSS-LANDSAT.

Encontra-se caracterizado pelas texturas fracamente rugosa (na porção oriental) e medianamente rugosa (na porção ocidental), nas cores vermelho média e vermelho média e escura, respectivamente.

ORIGINAL PAGE
COLOR PHOTOGRAPH

Complexo Granítico de São Sepê

Sua textura foi medianamente rugosa e apresentou-se numa cor vermelho média mesclada com padrões arroxeados (Figura 4.17).

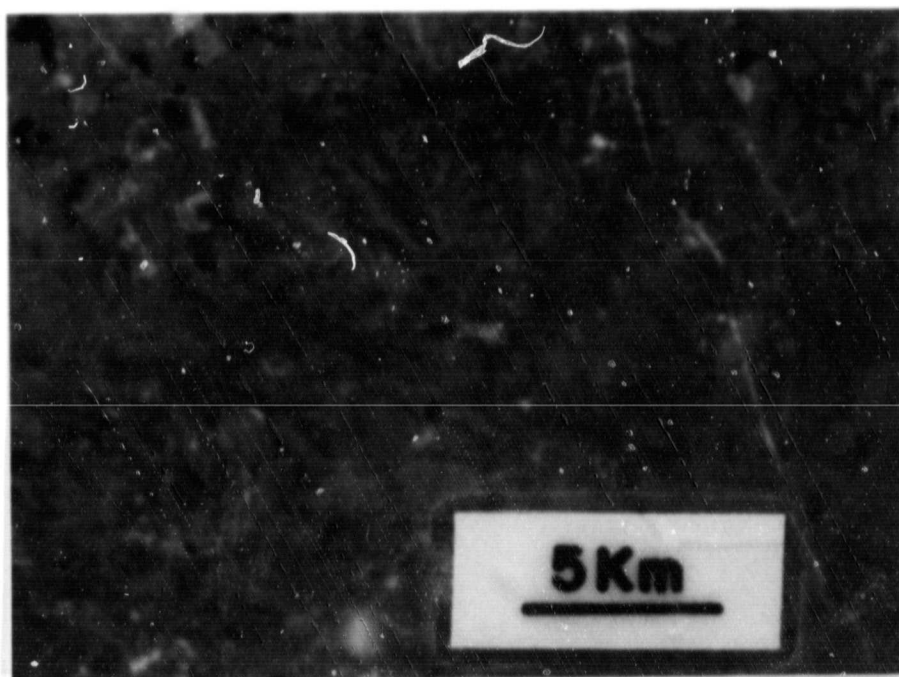


Fig. 4.17 - Foto da região ao sul de São Sepê, obtida de composição colorida MSS-LANDSAT.

O Complexo Granítico de São Sepê encontra-se representado na parte central da foto, com textura medianamente rugosa e cor vermelho média mesclada por tons arroxeados. Tanto no canto superior esquerdo como na parte direita da foto tem-se a cobertura sedimentar da Formação Rio Bonito.

Granito da Ramada

Caracterizado pela textura fracamente rugosa e cor vermelha média (Figura 4.18).

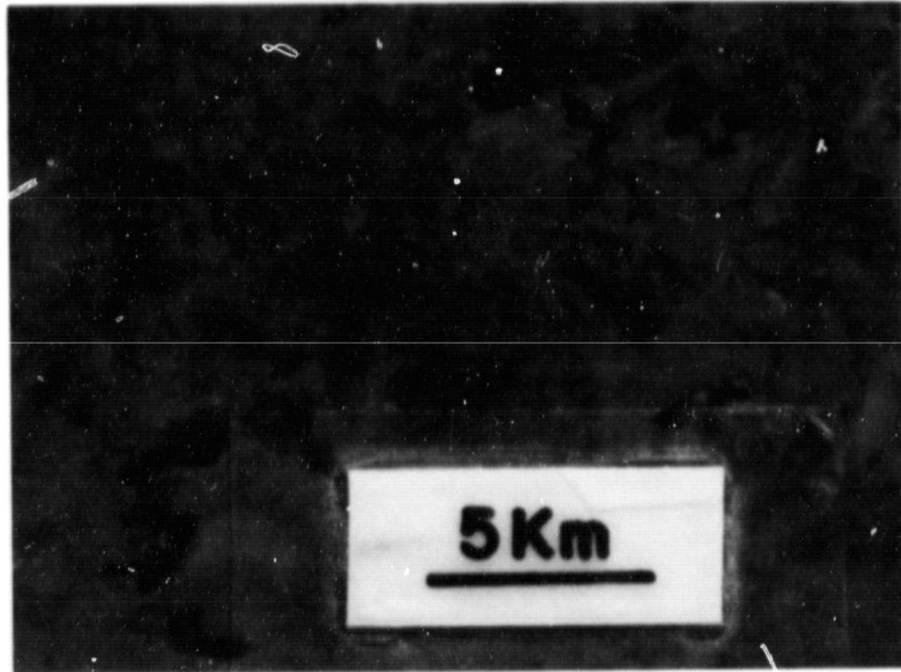


Fig. 4.18 - Foto da região do planalto da Ramada, a sudeste de Vila Nova, obtida de composição colorida MSS-LANDSAT.

Na porção central da foto tem-se o Granito da Ramada, caracterizado pela textura fracamente rugosa e cor vermelha média. No canto inferior esquerdo localiza-se a Formação Acampamento Velho e na porção oriental, as rochas do Grupo Porongos.

Formação Acampamento Velho

Apresentou-se com textura medianamente rugosa a lisa (Figura 4.19) e tonalidade cinza médio a claro (canal 6), denotado pela presença de platô dissecado.

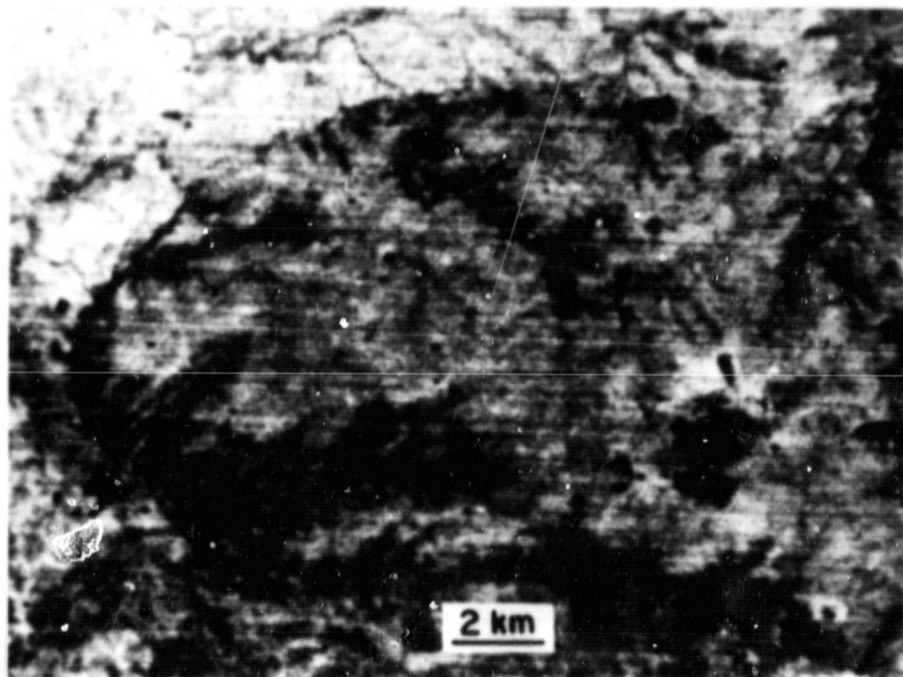


Fig. 4.19 - Foto da região do planalto da Ramada, a sudoeste de Vila Nova, obtida do canal 6 de imagens MSS-LANDSAT.

Observar o platô dissecado da Formação Acampamento Velho, representado por textura medianamente rugosa a lisa e tonalidade cinza médio a claro.

Formação Santa Bárbara: Membro Rodeio Velho

As ocorrências desta unidade são restritas, representadas pelas lavas de composição intermediária, intercaladas nos arenitos da Formação Santa Bárbara (Camadas Lanceiros). Nas imagens MSS-LANDSAT o Membro Rodeio Velho foi caracterizado por tonalidade cinza médio a claro (canal 6) e textura lisa a medianamente rugosa (Figura 4.13).

Formação Santa Bárbara: Camadas Lanceiros

A maior representatividade areal desta unidade localiza-se a oeste de Caçapava do Sul, no vale do arroio Santa Bárbara (Figura 4.20). Esta área apareceu com tonalidades cinza claro e médio (canal 6) e textura medianamente rugosa a lisa e medianamente rugosa, respectivamente. No entanto esta unidade, na região próxima às Minas do Camaquã, apareceu com textura medianamente rugosa a lisa (Figura 4.21) e tonalidade cinza claro (canal 6).



Fig. 4.20 - Foto da região do vale do arroio Santa Bárbara, a oeste do Granito de Caçapava, obtida do canal 6 de imagens MSS-LANDSAT.

Além das Camadas Lanceiros da Formação Santa Bárbara, observa-se o relevo dissecado nas cabeceiras dos afluentes do arroio Santa Bárbara, além dos traços de falhas regionais nordeste (Pessegueiro, Crespos, Silveira e Santa Bárbara) no canto noroeste e na porção oriental da foto.

ORIGINAL PAGE
BLACK AND WHITE PHOTOGRAPH



Fig. 4.21 - Foto da região a sudeste das Minas do Camaquã, obtida da canal 6 de imagens MSS-LANDSAT.

A sequência das Camadas Lanceiros da Formação Santa Bárbara encontra-se representada numa faixa (NE-SW) central da foto, que caracteriza uma textura medianamente rugosa a lisa e tonalidade cinza claro.

Formação Guaritas: Camadas Guarda Velha

Caracterizada por textura segmentar homogênea média (Figura 4.22), denotada pelos diversos afluentes de arroios, figurando um padrão subparalelo e angular de baixa a média densidade, frequentemente controlado por pequenos falhamentos e/ou fraturamentos. Apresentou-se com tonalidade cinza médio a claro, mesclada por segmentos cinza claro (canal 6) ou cor vermelho média a clara (composição colorida) mesclada por segmentos vermelho médios representados pelos pequenos canais de drenagem associados à mata-galeria. Tanto em composição colorida como no canal 5 (branco/preto) destas imagens, observaram-se pequenas manchas, aproximadamente poligonais, possivelmente de atividades agrícolas, principalmente na porção centro-nordeste da área de ocorrência das Camadas Guarda Velha.

Formação Guaritas: Camadas Varzinha

Caracterizada pela textura rugosa (Figura 4.22), devido ao seu relevo em "mesetas", com as características formas de erosão ("guaritas") e tonalidade cinza médio (canal 6).

ORIGINAL PAGE
BLACK AND WHITE PHOTOGRAPH



Fig. 4.22 - Foto da região ao norte-nordeste das Minas do Camaquã, obtida do canal 6 de imagens MSS-LANDSAT.

No quadrante NE da foto têm-se as Camadas Guarda Velha da Formação Guaritas, caracterizada por textura segmentar homogênea média, denotada pelos diversos afluentes dos arroios e tonalidade cinza médio a claro, mesclada por segmentos cinza claro.

Na porção central da foto têm-se as Camadas Varzinha da Formação Guaritas, que se apresentam numa textura rugosa com alguma característica de textura segmentar heterogênea densa e tonalidade cinza médio.

No canto SE da foto tem-se a Formação Santa Bárbara e no SW, os sedimentos da Formação Arroio dos Nobres (Minas do Camaquã).

Formação Caneleiras

Os arenitos grosseiros, localmente feldspáticos, intensamente silicificados ou litificados, apresentaram-se com tonalidade cinza claro, mesclada com cinza médio a claro (canal 6) e textura lisa (Figura 4.23).

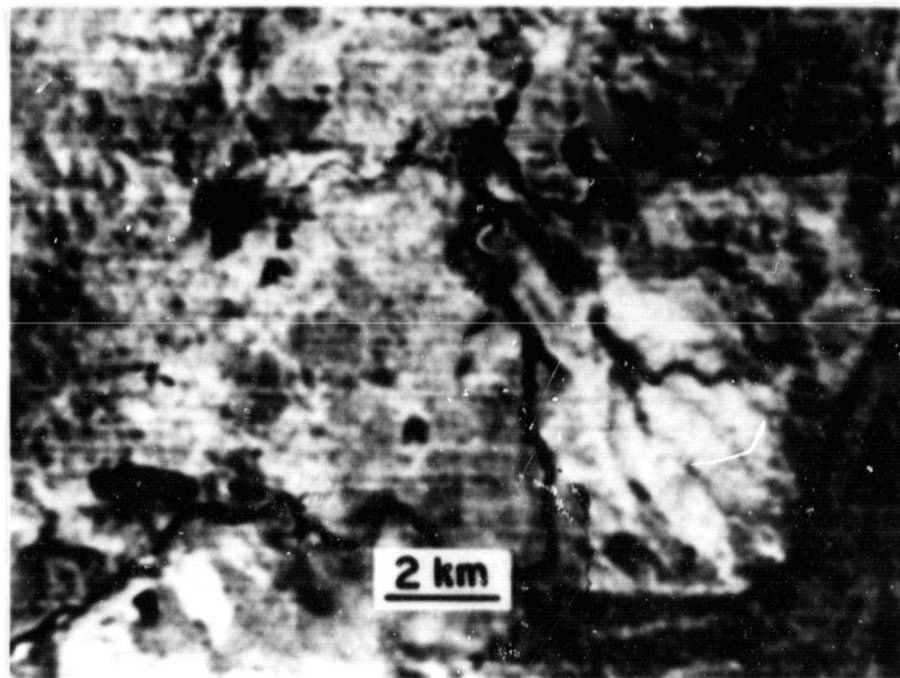


Fig. 4.23 - Foto da região do rio Camaquã, a sudeste de Santa na da Boa Vista, obtida do canal 6 de imagens MSS-LANDSAT.

A Formação Caneleiras é caracterizada por textura lisa e tonalidade cinza claro, mesclada com cinza médio a claro. No canto inferior direito têm-se as rochas do Grupo Porongos e no superior direito, o Granito Campina.

Subgrupo Itararé

A representatividade areal desta unidade foi bastante restrita, e suas litologias siltico-arenosas refletiram nas imagens MSS-LANDSAT uma textura lisa e tonalidade cinza claro a médio (canal 6).

ORIGINAL PAGE
BLACK AND WHITE PHOTOGRAPH

Formação Rio Bonito

Os arenitos quartzo-feldspáticos que contêm intercalações localizadas de camadas carboníferas apareceram com uma resposta espectral característica, representada no canal 5 (Figura 4.24) por tonalidade cinza médio com pequenas áreas poligonais claras (intenso uso do solo) e textura medianamente rugosa a lisa. Em composições coloridas, esta unidade se tornou facilmente identificável, pela clareza na apresentação da sua resposta espectral.

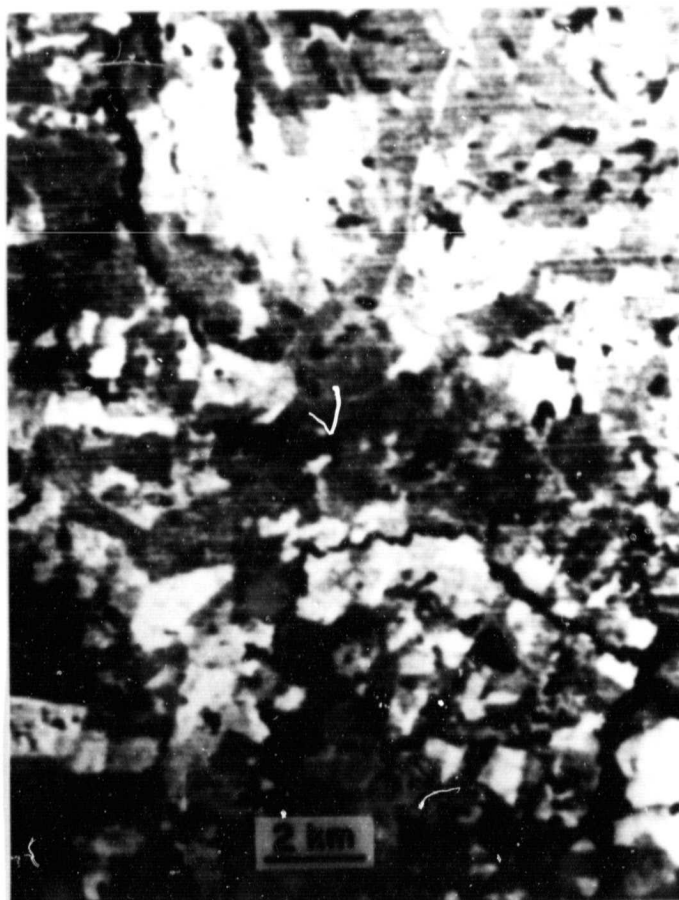


Fig. 4.24 - Foto da região a nordeste do Granito de Caçapava, entre os arroios Acangupã e Irapuã, obtida do canal 5 de imagens MSS-LANDSAT.

A Formação Rio Bonito encontra-se representada por tonalidade cinza médio, com diversas áreas poligonais esbranquiçadas (intenso uso do solo) e textura medianamente rugosa a lisa.

Formação Palermo

Esta unidade foi individualizada nas composições coloridas de imagens MSS-LANDSAT. Apresentou-se também com pequenas áreas de uso do solo, se comparadas com aquelas encontradas na unidade anterior, e com diversos pequenos lagos e/ou açudes (exudações do lençol freático). Foi representada por textura lisa e cor vermelho clara a média com pequenas áreas irregulares e/ou aproximadamente poligonais claras e/ou esverdeadas (Figura 4.25).



Fig. 4.25 - Foto da região a noroeste de São Sepé, obtida de composição colorida MSS-LANDSAT.

A Formação Palermo encontra-se representada numa faixa irregular (NE-SW), na porção central da foto, por textura lisa e cor vermelho clara a média, com pequenas áreas irregulares e/ou aproximadamente poligonais claras e/ou esverdeadas. Observar a grande quantidade de pequenos lagos e/ou açudes desta região. A Formação Palermo limita-se com a Formação Irati (parte superior) e com a Formação Rio Bonito (parte inferior); estes limites são bastante subjetivos.

A Formação Irati é muito semelhante à Formação Palermo; diferenciam entre si pela cor vermelho média, pouco mais escura apresentada pela segunda.

Formação Irati

Devido à sua constituição litológica predominante (siltos e folhelhos argilosos), observou-se também a presença de pequenos lagos, além do uso do solo para agricultura. Assim como a unidade anterior, foi individualizada através de composições coloridas. Apresentou-se com textura lisa e cor vermelho média, naturalmente com pequenas áreas claras e/ou esverdeadas (Figura 4.25).

Formação Estrada Nova

Individualizada nas composições coloridas, apresentou-se com textura lisa (possivelmente em áreas com predominância de siltos) a medianamente rugosa (arenitos); as cores apresentadas foram vermelho média a clara e vermelho média (Figura 4.26), respectivamente.



Fig. 4.26 - Foto da região do arroio Caiboatê Grande, a nordeste de São Gabriel, obtida de composição colorida MSS-LANDSAT.

A Formação Estrada Nova encontra-se representada por uma textura lisa a medianamente rugosa, nas cores vermelho média a clara e vermelho média. No canto inferior direito têm-se as rochas da Formação Irati.

Formação Rosário do Sul

Caracterizada por textura medianamente rugosa a lisa ou pontilhada homogênea média (grande densidade de pequenas áreas cultivadas) e cor vermelho média a clara, mesclada com tons esverdeados e/ou claros (Figura 4.27).

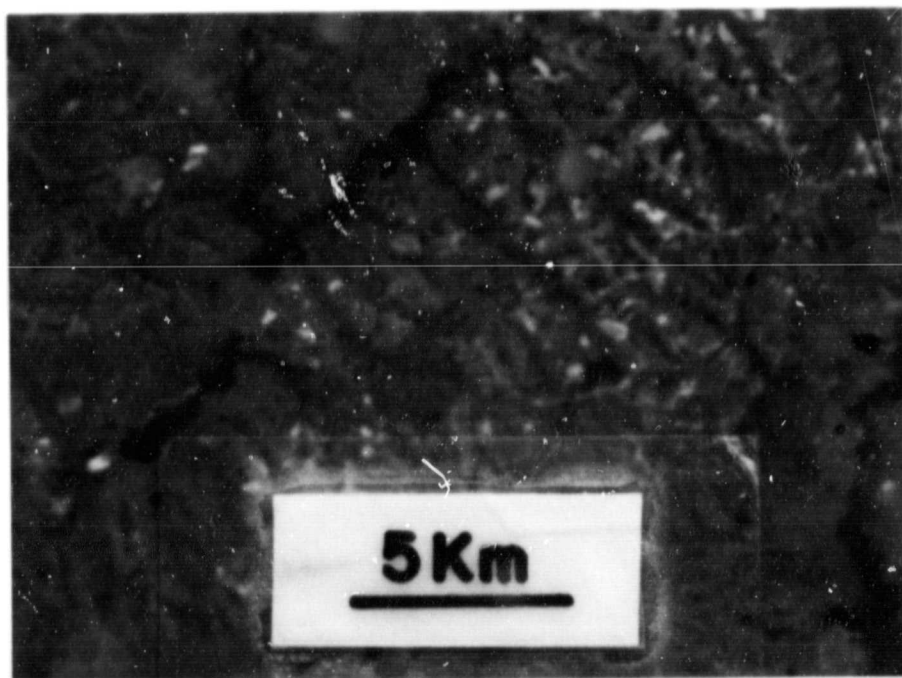


Fig. 4.27 - Foto da região do banhado Santa Catarina, ao norte de São Gabriel, obtida de composição colorida MSS-LANDSAT.

A Formação Rosário do Sul é caracterizada por textura medianamente rugosa a lisa ou pontilhada homogênea média (grande densidade de pequenas áreas cultivadas) e cor vermelho média a clara, mesclada com tons esverdeados e/ou claros. No canto inferior direito tem-se a Formação Estrada Nova.

Formação Santa Tecla

Esta unidade foi individualizada, no canal 6 de imagens MSS-LANDSAT, pela presença de inúmeros pequenos corpos d'água retidos e/ou acumulados nos arenitos avermelhados, compostos quase que exclusivamente por grãos de quartzo em cimento ferruginoso. Apresentou-se com a tonalidade cinza médio a claro, mesclada com tons cinza escuro (dos pequenos corpos d'água) e textura fracamente rugosa (Figura 4.28), talvez devido ao reflexo da unidade subjacente (Grupo Cambaí) e aproximadamente lisa (no Complexo Granítico Jaguari-Lavras do Sul).



Fig. 4.28 - Foto da região ao norte de Bajé, obtida do canal 6 de imagens MSS-LANDSAT.

A Formação Santa Tecla contém inúmeros pequenos corpos d'água, retidos e/ou acumulados nos seus arenitos avermelhados, que refletem uma tonalidade cinza médio a claro, mesclada com pequenas manchas escuras e textura fracamente rugosa, talvez devido ao reflexo da unidade subjacente (Grupo Cambaí).

Depósitos Quaternários

No canal 5, esta unidade foi representada por uma tonalidade cinza escuro, pela presença de mata-galeria associada aos vales de drenagem e por uma textura lisa.

4.2 - TRATAMENTO ESTATÍSTICO E ANÁLISE DOS DADOS DE FRATURAMENTOS

Os dados obtidos de fraturamentos presentes na área estudada foram submetidos a um tratamento estatístico computacional, com a finalidade de se verificar o padrão geométrico geral de fraturamento.

Os fraturamentos foram obtidos através de interpretações de imagens multiespectrais do satélite LANDSAT, na escala de 1:500.000.

Posteriormente estes dados de fraturamentos foram manual e individualmente digitalizados, e classificados em falhas, falhas inferidas e lineamentos.

As falhas foram diagnosticadas em imagens MSS-LANDSAT através de alinhamento da topografia, cristas alinhadas, trechos retos de cursos d'água, mudanças na tonalidade fotográfica e/ou alinhamento da vegetação. No caso de falhas inferidas, estas linhas indicativas de falhas se apresentaram em imagens MSS-LANDSAT com aspecto pouco difuso e/ou pouco realçado; quando estes aspectos se apresentaram proemintes e realçados e estas linhas indicativas foram constatadas em trabalhos de campo e/ou em trabalhos preexistentes e confiáveis, foram considerados como falhas indiscriminadas (sem se considerar o seu aspecto genético).

Foram consideradas lineamentos todas aquelas linhas indicativas de falhas que se refletiram em imagens MSS-LANDSAT com tonalidades escuras e sutilmente observadas nas imagens.

O tratamento estatístico foi desenvolvido em programas computacionais pelo Prof. Dr. Gilberto Amaral. O seu processamento foi realizado em computador Burroughs B-6700 do Centro de Computação Eletrônica (CCE) da Universidade de São Paulo.

Para facilidades de discussão desta etapa de trabalho, considerou-se o tratamento estatístico em duas etapas:

- a) Numa primeira parte o programa elaborou uma lista dos diversos parâmetros estatísticos descritivos (azimute médio, resultante, razão de consistência e desvio padrão) de caráter regional. Apresentou também distribuições de frequências (número de fraturamentos e comprimento total) para cada intervalo azimutal de 5 graus.

- b) Numa segunda parte a área estudada foi dividida em diversas células quadradas de 10 x 10 quilômetros. Para cada célula assim dividida foram efetuados diversos tratamentos estatísticos, e os seus resultados foram apresentados sob forma de mapas de vetores (distribuição de azimutes médios) e mapas de contornos (razão de consistência, desvio padrão, densidade de fraturamento e médias móveis); estes últimos foram obtidos através da análise de isovalores dos dados.

4.2.1 - ANÁLISE ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Os dados iniciais (1.206 medidas) de coordenadas dos fraturamentos foram submetidos a processamentos computacionais, com a finalidade de obter diversos parâmetros estatísticos para os grupos de todos os fraturamentos em conjunto (total) e daqueles classificados em falhas, falhas inferidas e lineamentos.

De posse destes grupos de parâmetros estatísticos, foram confeccionados 4 diagramas de frequência semi-circular (Figura 4.29), cujos resultados são apresentados na Tabela 4.1.

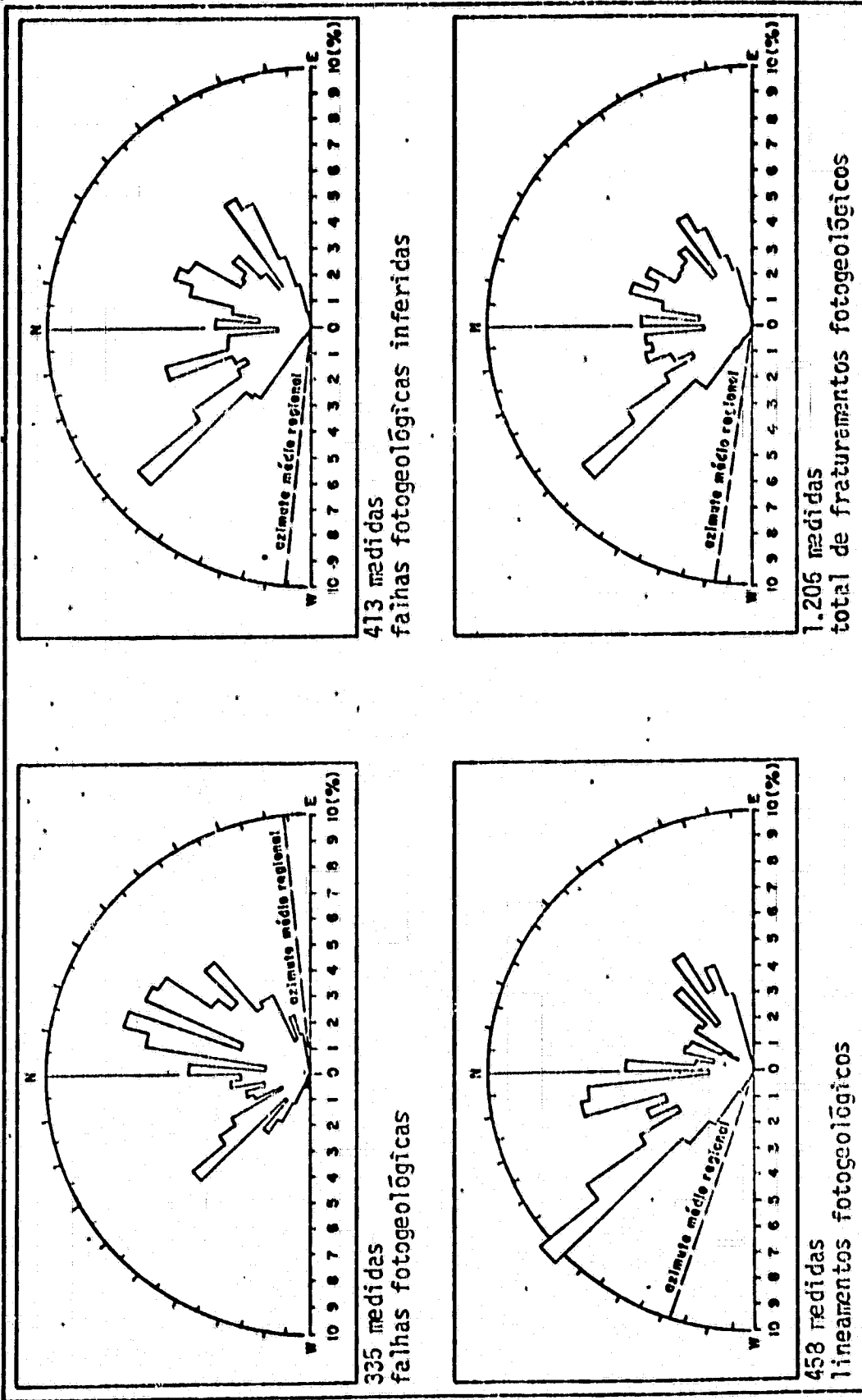


Fig. 4.29 - Diagramas de frequência semi-circular, dos grupos de todos os fraturamentos fotogeológicos em conjunto (total) e daqueles classificados em falhas, falhas inferidas e lineamentos.

TABELA 4.1

RESULTADOS DOS DIAGRAMAS DE FREQUÊNCIA SEMI-CIRCULAR

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS	GRUPOS DE FRATURAMENTOS			
	TOTAL	FALHAS	FALHAS IN FERIDAS	LINEAMENTOS
moda principal	N35-45W	N10-20E	N35-45W	N35-45W
moda secundária		N25-35E N40-45W N45-50E	N15-20W N55-65E N20-30E	N05-15W N55-60E
azimute médio	N97°38'	N84°09'	N95°53'	N108°13'
resultante	666,26	182,83	224,10	269,05
razão de consistência	0,55	0,55	0,54	0,59
desvio padrão	62,42°	63,05°	63,36°	59,10°
número de dados	1.206	335	413	458

As equações dos parâmetros estatísticos utilizados foram:

$$\text{Azimute médio} = \arctg \left[\frac{\sum \text{sen}(Az_i)}{\sum \text{cos}(Az_i)} \right]$$

$$\text{Resultante} = \sqrt{[\sum \text{sen}(Az_i)]^2 + [\sum \text{cos}(Az_i)]^2}$$

onde Az corresponde ao azimute.

$$\text{Razão de consistência} = \frac{\text{resultante}}{n^{\circ} \text{ de dados na célula}}$$

$$\text{Desvio padrão} = \sqrt{\log(\text{razão de consistência}) \times (-2)}$$

$$\text{Densidade de fraturamento} = \frac{\text{comprimento total na c\u00e9lula}}{\text{\u00e1rea da c\u00e9lula}}$$

Numa an\u00e1lise da Tabela 4.1 verificou-se que a moda principal (N10-20E) do grupo de falhas coincidiu com a orienta\u00e7\u00e3o do Sistema de Falhas do Passo do Marinheiro, enquanto as suas modas secund\u00e1rias (N25-35E, N40-45W e N45-50E) corresponderam ao Sistema de Falhas A\u00e7ot\u00e9ia-Piquiri, com a orienta\u00e7\u00e3o da Falha do Cambar\u00e1 e com o Sistema de Falhas Dorsal de Cangussu, respectivamente.

Por outro lado, tanto as falhas inferidas como os lineamentos apresentaram-se com as suas modas principais (N35-45W) orientadas segundo o Sistema de Falhas Noroeste.

As modas secund\u00e1rias (N15-20W, N55-65E e N20-30E) das falhas inferidas podem ser correlacionadas com os sistemas de falhas Noroeste, Dorsal de Cangussu e A\u00e7ot\u00e9ia-Piquiri, respectivamente.

No caso dos lineamentos, as suas modas secund\u00e1rias (N05-15W e N55-60E) podem ser enquadradas, segundo suas orienta\u00e7\u00f5es, em sistemas de falhas Noroeste e Dorsal de Cangussu.

4.2.2 - AN\u00c1LISE DOS MAPAS DE C\u00c9LULAS

Para cada c\u00e9lula quadrada de 10 quil\u00f4metros de lado foram efetuados diversos tratamentos estat\u00edsticos, e os seus resultados foram apresentados na forma de mapas da distribui\u00e7\u00e3o de azimutes m\u00e9dios (vetores) e mapas de contornos. Todos os par\u00e2metros estat\u00edsticos utilizados nos mapas de c\u00e9lulas possuem seus valores ponderados em fun\u00e7\u00e3o do seu comprimento:

$$\text{Azimute m\u00e9dio ponderado} = \arctg \left[\frac{\sum \text{sen}(Az_i) \times d_i}{\sum \text{cos}(Az_i) \times d_i} \right]$$

$$\text{Resultante ponderada} = \frac{\sqrt{[\sum \text{sen}(Az_i) \times d_i]^2 + [\sum \text{cos}(Az_i) \times d_i]^2}}{\sum d_i}$$

onde Az corresponde ao azimute e d, ao comprimento do fraturamento.

$$\text{Razão de consistência ponderada} = \frac{\text{resultante ponderada}}{n^{\circ} \text{ de dados na célula}}$$

$$\text{Desvio padrão ponderado} = \sqrt{\log\left(\frac{\text{razão de consistência ponderada}}{\text{ponderada}}\right) \times (-2)}$$

$$\text{Densidade de fraturamento} = \frac{\text{comprimento total na célula}}{\text{área da célula}}$$

4.2.2.1 - MAPA DA DISTRIBUIÇÃO DE AZIMUTES MÉDIOS (VETORES)

Os azimutes médios foram representados em segmentos de retas (vetores) orientados segundo o azimute médio na célula e nas dimensões equivalentes ao dobro da sua razão de consistência.

Numa análise global da área estudada, através do mapa da distribuição de azimute médio ponderado (Apêndice E) de todos os fraturamentos (total) registrados nas imagens MSS-LANDSAT, verificou-se que existe uma grande predominância de orientações azimutais no intervalo correspondente a N35-75E, intervalo este que Picada (1971) denominou "Sistema de Falhas Dorsal de Cangussu".

Separando-se diagonalmente a área estudada na direção NE-SW, pode-se grosseiramente assinalar que os vetores orientados no intervalo acima encontram-se principalmente na sua metade sudeste.

No entanto, fazendo-se uma comparação entre este mapa de vetores e o mapa de lineamentos (Apêndice B), pôde-se verificar que esta distribuição azimutal não correspondeu totalmente à classificação de falhas adotada na Seção 3.3.2, ou seja, aos sistemas de falhas classificados por Picada (1971).

Nesta metade sudeste da área estudada, verificou-se que foram enquadrados falhamentos tanto do Sistema Dorsal de Cangussu como dos sistemas Passo do Marinheiro e Açotéia-Piquiri, sendo esta não-coincidência total devido a diferentes representações entre os mapas estatísticos e de lineamentos, assim como a uma "suavização" na orientação dos vetores pela média dos fraturamentos contidos em determinada célula.

Uma segunda orientação dos vetores contidos na área estudada foi aquela que corresponde ao intervalo N65-75W (Sistema de Falhas Noroeste, de Picada, 1971), que ocorrem concentrados nas regiões de Vila Nova-São Gabriel e Lavras do Sul-Bajé.

Numa análise do mapa da distribuição de azimutes médios ponderados do grupo de falhas (Apêndice F) da área estudada, verificou-se que existe uma boa concordância com os sistemas de falhas caracterizados por Picada (1971), ou seja, nas regiões onde ocorrem os referidos sistemas de falhas, os vetores se encontram bastante orientados.

Naturalmente nem todos os vetores assinalados no mapa da distribuição de azimutes médios ponderados do grupo de falhas (Apêndice F) possuíram correspondência com os sistemas de falhas. Cita-se o caso de alguns vetores orientados para o quadrante NW, principalmente naquele intervalo N35-60W (que ocorrem principalmente na região próxima à borda da bacia com o escudo). Estes vetores orientados para NW corresponderam a falhas de até 10 quilômetros de extensão.

Observou-se neste tratamento com o grupo de falhas a ausência quase total destas estruturas naquelas áreas de ocorrência de sedimentos da Bacia do Paraná (porções norte e sudoeste da área estudada), o que confirmou as informações obtidas com as imagens MSS-LANDSAT.

Quanto ao tratamento estatístico aplicado às falhas inferidas (Apêndice G), observou-se no mapa da distribuição de azimuth médio ponderado, que existe uma boa concordância na orientação das principais falhas, como na região da Falha Boici-Xadrez, de Santana da Boa Vista, da Falha Cerro dos Martins e nas porções setentrionais das falhas Lopes, Emiliano-Tapera e Açotéia-Piquiri. Observou-se ainda a existência de áreas indicativas de zonas de falhas orientadas para NE (a noroeste das Minas do Camaquã, sudeste de Santana da Boa Vista e norte de Piratini) e para NW (ao norte de Bajé), que corresponderam respectivamente às falhas Cerro dos Martins, Zona de Falhas Açotéia-Piquiri (metade meridional), Boici-Xadrez e à falha imediatamente a sudoeste da Falha do Cambarã.

Em relação à distribuição de azimuth médio ponderado dos lineamentos (Apêndice H) mapeados na área estudada, verificou-se que existe uma predominância de azimuths orientados para N35-55W e para N35-75E. Estes lineamentos ocorrem indistintamente tanto em rochas constituintes do escudo como da borda da Bacia do Paraná, apesar de que, nesta última, em menor frequência (porção setentrional da área estudada). No extremo sudoeste da área estudada, os lineamentos foram ausentes. Outras orientações ocorreram esparsamente pela área, sem contudo ter exercido, aparentemente, alguma expressão regional.

4.2.2.2 - MAPAS DE CONTORNOS

Os mapas de contornos foram obtidos através da extrapolação de dados em cada célula, que resultaram em mapas de razão de consistência, desvio padrão, densidade de fraturamento e médias móveis, todos representados por curvas de isovalores.

a) Mapa da razão de consistência ponderada

A razão de consistência ponderada que varia numericamente de 0 a 1 representou a razão de homogeneização de fraturamento existente na área estudada. Portanto, quanto maior for a razão de consistência menor será a dispersão na orientação dos fraturamentos.

Numa verificação do mapa da razão de consistência ponderada (Apêndice E) de todos os fraturamentos (total) registrados, observou-se que os valores maiores que 0,70 ocorreram nas regiões setentrional, sudoeste e sudeste da área estudada e corresponderam aos locais de ocorrência de rochas sedimentares da Bacia do Paraná (regiões setentrional e sudoeste) e de rochas graníticas, migmatíticas e granitóides das regiões de Piratini (sudeste) e de Bajé-Dom Pedrito (região sudoeste da área estudada).

Os maiores valores da razão de consistência ponderada (0,90) ocorreram na região entre os arroios Acangupã e Irapuã (noroeste da barragem do Capanê), nas cabeceiras dos banhados Santa Catarina, Santa Bárbara e arroio Caiboatê Grande (quadrante noroeste da área estudada) e na região do arroio Pirai (sudoeste de Bajé) e corresponderam, em todas estas regiões, àquelas onde ocorrem os sedimentos das formações Rio Bonito, Palermo, Irati, Estrada Nova e/ou Rosário do Sul, na presença de pouquíssimos ou total ausência de fraturamentos.

Quanto aos valores menores que 0,70, foram obtidos principalmente nas regiões onde ocorrem coberturas sedimentares e metassedimentares e rochas intrusivas do chamado Escudo Sul-riograndense.

Os menores valores da razão de consistência ponderada (0,50) ocorreram na região entre os arroios Boici e Torrinhas, ao sul do rio Camaquã (SSE das Minas do Camaquã) e na região do arroio Poracã (ao sul de Caçapava do Sul); representaram as áreas com maior dispersão na orientação dos fraturamentos e corresponderam, principalmente, às áreas de ocorrência de rochas metassedimentares do Grupo Porongos,

juntamente com rochas da Formação Arroio dos Nobres e do Grupo Camaquã (na primeira região).

Fazendo-se uma análise do conjunto de falhas (Apêndice F), verificou-se que os menores valores da razão de consistência ponderada (0,60) estão representados nas regiões a sudoeste do corpo granítico de Caçapava e na porção setentrional do Complexo Granítico Encruilhada. Chegou a atingir o intervalo máximo (1,00) numa extensa região da porção noroeste da área estudada, que correspondeu grosseiramente àquela área sedimentar da Bacia do Paraná e localmente às cabeceiras dos arroios Seival e dos Fagundes (próximo a Pinheiro Machado). Uma terceira área com este máximo valor da razão de consistência ponderada ocorreu no extremo sudeste da área estudada e correspondeu à região granítica-migmatítica, próxima a Cangussu.

Destas observações discutidas anteriormente, pôde-se concluir, preliminarmente, que as áreas sedimentares da Bacia do Paraná foram aquelas que apresentaram uma grande homogeneização na orientação das falhas presentes na área, enquanto na área correspondente ao chamado Escudo Sul-riograndense a dispersão na orientação das falhas foi relativamente de média a baixa.

No conjunto de falhas inferidas, a razão de consistência ponderada (Apêndice G) variou no intervalo de 0,50 a 0,95, e observou-se uma maior variação em seus valores na região do arroio Galeria (ao sul das Minas do Camaquã). No restante da área, de uma maneira geral, os valores da razão de consistência ponderada apresentaram-se com pequena variação, o que indicou a existência de uma boa homogeneização na orientação das falhas inferidas.

Numa análise do conjunto de lineamentos, verificou-se que os valores inferiores a 0,70 da razão de consistência ponderada (Apêndice H) abrangeram uma área contínua da região de Lavras do Sul, São Gabriel, Vila Nova e São Sepé e, localmente, a nordeste e ao sul de Caçapava do Sul, a nordeste das Minas do Camaquã e de Santana da

Boa Vista, a sudeste de Bajé e na região de Piratini. Aquela área continua corresponde grosseiramente à região de ocorrência de rochas com caráter vulcano-sedimentar (formações Acampamento Velho, Hilário e Maricá), indicando ser uma área com maior dispersão na orientação dos lineamentos presentes na área estudada.

b) Mapa do desvio padrão ponderado

Os mapas do desvio padrão e da razão de consistência apresentam variações da dispersão na orientação dos fraturamentos. Sendo assim, os valores representados no mapa do desvio padrão indicam exatamente o oposto da razão de consistência, ou seja, os valores altos nas curvas de isovalores do desvio padrão correspondem às regiões de maior dispersão.

Assim, nos mapas do desvio padrão ponderado da área estudada, observou-se a existência de alta homogeneização naquelas áreas onde se localizam as baixas razões de consistência verificadas nos mapas anteriores. Na curva de isovalor 0,70 do mapa da razão de consistência ponderada, observou-se uma correspondência com a curva de isovalor de 35 graus do desvio padrão ponderado.

As curvas de isovalores do desvio padrão ponderado apresentaram uma variação de 10 a 45 graus para todos os fraturamentos presentes (Apêndice E), de 5 a 40 graus para o conjunto de falhas (Apêndice F), de 5 a 45 graus para o conjunto de falhas inferidas (Apêndice G) e para o conjunto de lineamentos (Apêndice H) presentes na área.

c) Mapa da densidade de fraturamento

A densidade de fraturamento foi calculada através da relação entre o comprimento total na célula e a sua correspondente área; portanto a unidade calculada foi obtida em m/km².

No mapa de densidade de fraturamento (Apêndice E) de todos os fraturamentos (total) observou-se a presença de uma área com alta densidade (superior a 600 m/km^2) na região de Lavras do Sul, numa forma alongada segundo NW e que abrange a região desde as cabeceiras do arroio Igã até ao sul das Minas do Camaquã. Uma outra área com alta densidade foi observada no extremo centro-oeste da área estudada, na altura do arroio Taquarembó.

Como pode ser verificado entre os mapas de densidade de fraturamento e da razão de consistência, esta principal área com alta densidade coincidiu grosseiramente com uma das áreas com maior dispersão na orientação do fraturamento (SSE das Minas do Camaquã).

Outro fato verificado foi a relação existente entre áreas de baixa densidade de fraturamento e de ocorrências de rochas sedimentares da Bacia do Paraná.

Numa observação dos mapas de densidade de fraturamento dos conjuntos de falhas (Apêndice F) e de falhas inferidas (Apêndice G), além daquele de todos os fraturamentos (total) discutidos anteriormente, pôde-se verificar a constante influência das curvas de isovalor de alta densidade numa faixa noroeste que abrange a localidade de Lavras do Sul. Esta alta densidade de fraturamento foi devida à presença de grande quantidade de falhamentos orientados para o quadrante NW (Seção 3.3.2).

A mais alta densidade (320 m/km^2) registrada no conjunto de falhas, que ocorre como uma área restrita na altura do baixo curso do arroio das Traíras (sudeste de Lavras do Sul), é diferente daquela registrada no conjunto de falhas inferidas (440 m/km^2), cujo formato alongado e estreito é localizado imediatamente ao sul das Minas do Camaquã.

Para o conjunto de lineamentos (Apêndice H), a mais alta densidade de fraturamento (360 m/km^2) deslocou-se para a região do arroio Seival (ESE de Bajê), constituída por rochas do Subgrupo Guatã, região esta que se encontra bastante afetada por sistemas de falhas NE e NW. Possivelmente a presença dominante de lineamentos nesta região seja consequência dos sistemas de falhamentos anteriormente citados.

Outros focos de alta densidade de lineamentos ocorreram nas regiões do alto curso do arroio Taquarembô (NNW de Bajê), de Vila Nova (que correspondem a rochas migmatíticas polimetamórficas do Grupo Cambaí) e de Lavras do Sul (que corresponde à porção oriental do Complexo Granítico Jaguari-Lavras do Sul).

d) Mapa da média móvel do azimuth ponderado

A malha de células que contém os valores de vetores médios foi submetida ao processo da média móvel bidimensional, com a finalidade de se obter a tendência geral no padrão de fraturamento.

O procedimento empregado consistiu em calcular a média trigonométrica por soma vetorial de uma determinada célula dando-se peso 2 a ela e considerando-se as células superior, inferior, da esquerda e da direita com peso unitário. Este procedimento foi repetido para cada célula da malha na horizontal (da esquerda para direita) e na vertical (de cima para baixo), obtendo-se desta forma uma malha de células com os valores dos azimuths médios móveis representados por curvas de isoazimuthes.

Numa análise do mapa com todos os fraturamentos (Apêndice E), observou-se o predomínio de altos valores da média móvel do azimuth ponderado (ou seja, orientados para o quadrante NW), na porção centro-superior da área estudada, onde se consideraram os isoazimuthes correspondentes a N70-80W os mais constantes e extensos.

Na região a NNW de Caçapava do Sul ocorreu o único foco de maior variação nas linhas de isoazimutes orientados para o quadrante NW (N40-80W), região esta que possivelmente sofreu influências dos granitos intrusivos de Caçapava e de São Sepé.

Fato interessante observado nos mapas da média móvel do azimute ponderado para o grupo de falhas (Apêndice F) foi a insignificância relativa dos valores de isoazimutes orientados para o quadrante NW, pois estes valores (N80W a E-W) ocorreram timidamente nas regiões de Lavras do Sul e a sudeste das Minas do Camaquã. No entanto os isovalores orientados para NW da região de Lavras do Sul corresponderam à zona mineralizada com Au-Cu, assinalada no Apêndice B.

No caso das falhas inferidas (Apêndice G), a área de influência dos isoazimutes da média móvel orientados para o quadrante NW (N70W a E-W) ocorreu na região centro-sudeste da área estudada, que abrange as regiões do alto arroio Taquarembó, de Lavras do Sul, sul de Caçapava do Sul, de Santana da Boa Vista, das Minas do Camaquã, do arroio Lichiguana, de Piratini e do arroio Faxinal. Esta área de influência assim delimitada atingiu diversas unidades estratigráficas distintas, ou seja, desde o Grupo Cambaí até a Formação Guaritas; portanto não apresentou nenhuma relação aparente entre a média móvel e unidades estratigráficas. Quanto às estruturas (falhas inferidas) assinaladas no mapa geológico, observou-se uma certa aproximação com aquela faixa que contém as estruturas orientadas para NW (Seção 3.3.2).

No conjunto de lineamentos (Apêndice H) observou-se de imediato o grande predomínio de isovalores orientados para o quadrante NW, com variação de N30W a E-W (região de São Gabriel). Outra área de configuração concêntrica dos isovalores ocorreu na região entre Caçapava do Sul e São Sepé (N40W a E-W). No restante da área, o intervalo azimutal correspondeu a N60W a E-W. Este predomínio dos lineamentos com isovalores orientados para NW confirmou a existência destas estruturas NW, assim como a sua ocorrência indiscriminada nas diversas unidades estratigráficas distribuídas na área estudada.

Concluindo esta etapa de tratamento estatístico dos fraturamentos, pôde-se assinalar que:

- 1) A maior frequência acumulada (27%) foi distribuída nos intervalos de N10-20E e N25-35E, haja visto que cerca de 65% das falhas encontram-se distribuídas no quadrante NE, o que permite concluir a grande predominância dos falhamentos com estas orientações, endossada pelo azimute médio regional de N84E. Em vista da frequência principal dos azimutes correspondentes ao intervalo N35-45W ocorrida tanto para as falhas inferidas (14%) como para os lineamentos (18%), verificou-se que a moda principal de todos os fraturamentos reunidos correspondeu ao intervalo N35-45W, com 14% de frequência acumulada e também refletida pelo azimute médio regional de N83W e desvio padrão de 62 graus.

- 2) No conjunto de falhas a *distribuição de azimutes médios ponderados* mostrou-se com uma boa concordância, se relacionada com os sistemas de falhas caracterizados por Picada (1971). Cita-se o caso dos vetores orientados para N35-60W, que ocorreram principalmente na região próxima à borda da bacia com o escudo e que corresponderam a falhas de até 10 quilômetros de extensão. A *razão de consistência ponderada* indicou que as regiões de maior dispersão relativa ocorreram na região a sudoeste do Granito de Caçapava e na porção setentrional do Complexo Granítico Encruzilhada. De outro lado, a menor dispersão relativa ocorreu em áreas constituídas por sedimentos da Bacia do Paraná. Notou-se que existiu uma correspondência da curva de isovalor 0,70 da razão de consistência ponderada com a curva de isovalor de 35 graus do desvio padrão ponderado. Observou-se uma alta *densidade de fraturamento* numa faixa NW que abrange a localidade de Lavras do Sul, devido à presença de grande quantidade de falhas NW. Os isovalores da *média móvel do azimute ponderado* orientados para NW ocorreram insignificamente nas regiões de Lavras do Sul (zona mineralizada com Au-Cu) e a sudeste das Minas do Camaquã.

- 3) No conjunto de falhas inferidas a *distribuição de azimutes médios ponderados* mostrou-se bastante concordante na orientação das principais falhas (por exemplo, na região da Falha Boici-Xadrez, de Santana da Boa Vista, da Falha Cerro dos Martins e nas porções setentrionais das falhas Lopes, Emiliano-Tapera e Açotêia-Piquiri). A maior variação da *razão de consistência ponderada* ocorreu na região do arroio Galeria (ao sul das Minas do Camaquã), enquanto no restante da área, de uma maneira geral, observou-se uma boa homogeneização na orientação das falhas inferidas. A área de influência das curvas de isovalor de alta *densidade de fraturamento* abrangeu uma faixa orientada para NW, que contém a localidade de Lavras do Sul. O valor de mais alta densidade de fraturamento (440 m/km^2) das falhas inferidas configurou um formato alongado e estreito na região imediatamente ao sul das Minas do Camaquã. Em relação à *média móvel do azimute ponderado*, a área de influência dos isoazimutes (N70W a E-W) correspondeu à região centro-sudeste da área estudada e abrangeu diversas unidades estratigráficas distintas (desde o Grupo Cambaí até a Formação Guaritas).
- 4) No conjunto de lineamentos a *distribuição de azimutes médios ponderados* mostrou uma certa predominância de azimutes orientados para N35-55W e para N35-75E, que ocorrem indistintamente em rochas constituintes do chamado Escudo Sul-riograndense e da borda da Bacia do Paranã. Os valores inferiores a 0,70 da *razão de consistência ponderada*, que indicam maior dispersão na orientação dos lineamentos, ocorreram principalmente nas regiões de Lavras do Sul, São Gabriel, Vila Nova e São Sepê e que correspondem grosseiramente àquela região de rochas vulcano-sedimentares das formações Acampamento Velho, Hilário e Maricã. A mais alta *densidade de fraturamento* (360 m/km^2) ocorreu na região do arroio Seival (a ESE de Bajê), que corresponde ao local de ocorrência de rochas do Subgrupo Guatã, região esta bastante afetada por sistemas de falhas NE e NW. De outro lado, a máxima variação na *média móvel do azimute ponderado*

(N30W a E-W) ocorreu na região de São Gabriel. Outra área concentricamente configurada (N40W a E-W) ocorreu na região entre Caçapava do Sul e São Sepê, que abrange diversas unidades estratigráficas distintas, tais como rochas migmatíticas, metasedimentares, vulcano-sedimentares e sedimentos.

4.3 - PROCESSAMENTOS AUTOMÁTICOS NO ANALISADOR I-100

O Analisador Multiespectral Image-100 (I-100) tem como uma de suas funções básicas a extração de informações temáticas, através de classificação automática, a qual é baseada na análise dos diferentes alvos registrados em imagens multiespectrais.

Pela própria limitação desta classificação automática, imposta a estudos geológicos, devido à exclusividade em considerar somente os aspectos relacionados a diferentes tonalidades apresentadas pelos alvos, desenvolveram-se técnicas de realce que auxiliam sensivelmente a obtenção de informações para a análise e/ou interpretação visual das áreas de interesse.

Dentre as técnicas de realce desenvolvidas pelos pesquisadores do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) e implementados no I-100, utilizaram-se aquelas denominadas "realce" e "contrast stretching".

O "contrast stretching" é um programa de pré-processamento, que realça pequenas variações tonais, tornando-as perceptíveis à interpretação visual. O procedimento deste programa consiste em eliminar os extremos inferior e superior do correspondente histograma obtido na cena estudada, ampliando desta forma a distribuição dos valores originais de nível de cinza e assumindo novos valores extremos de 0 e 255. Este procedimento é realizado individualmente para cada banda espectral de imagens MSS-LANDSAT. Como produto final deste programa, realizaram-se diversas composições coloridas, com sensível melhora dos dados originais.

O programa "realce", desenvolvido por Câmara Neto et alii (1980), utiliza-se da técnica dos componentes principais, o qual foi obtido através da transformação de Karhunen-Loève, que consiste em um desenvolvimento matemático com aplicações em imagens multiespectrais.

Em fins da década de 70 foram desenvolvidos dois métodos de aplicação direta da transformação de Karhunen-Loève; um por Santisteban e Muñoz (1978) e outro por Kaneko (1978). Posteriormente, Câmara Neto et alii (1980) conjugaram estes dois métodos em um só algoritmo de realce de imagens, que resultou no programa denominado "realce", o qual foi implementado no Analisador Multiespectral Image-100. Segundo estes últimos autores, nos dois primeiros canais do I-100 foram implementadas as duas principais componentes calculadas pelo método de Kaneko (1978), e no terceiro e quarto canais foram colocadas as duas componentes principais de maior variância, obtidas pelo método de Santisteban e Muñoz (1978).

Processaram-se diversas ampliações no Analisador Multiespectral Image-100, através de fitas magnéticas compatíveis com computador (CCT), de três regiões mineralizadas (regiões de Lavras do Sul, das Minas do Camaquã e do Passo do Marinheiro), situadas na porção centro-oeste do Escudo Sul-riograndense.

Para a obtenção das ampliações, utilizou-se um conjunto de 2 fitas CCTs, correspondente ao ponto 33 da órbita 206, de 26 de novembro de 1975.

A metodologia de trabalho utilizada consistiu na obtenção de cenas ampliadas para a escala de 1:100.000, a partir de fitas CCTs sobre as quais executaram-se processamentos automáticos dirigidos para realçar e/ou melhorar a cena original, através da aplicação de programas previamente elaborados e implementados, tais como "contrast stretching" e "realce" pelas componentes principais. Finalmente, obtiveram-se composições coloridas, por intermédio da combinação entre ban

das espectrais ou principais componentes e filtros coloridos. Estas composições coloridas foram documentadas em diapositivos (identificados pelo número da foto) e analisadas, visualmente, através da projeção destes diapositivos. As informações fotogeológicas interpretadas foram comparadas com os dados da literatura disponível, para uma melhor caracterização fotogeológica.

A base geográfica das áreas estudadas foi obtida diretamente das composições coloridas ampliadas.

4.3.1 - REGIÃO DE LAVRAS DO SUL

Para otimizar o nível de informações necessárias à interpretação das composições coloridas obtidas para esta área, foram utilizadas quatro combinações diferentes de filtros coloridos e programas (Tabela 4.2).

TABELA 4.2

RELAÇÃO DAS COMBINAÇÕES OBTIDAS ENTRE FILTROS E PROGRAMAS UTILIZADOS NO I-100, NA REGIÃO DE LAVRAS DO SUL

FILTROS UTILIZADOS						PRINCIPAL PROGRAMA UTILIZADO	Nº DA FOTO
R	RC	G	GC	B	BC		
7*		5		4		composição colorida infravermelha falsa-cor	09-13
7		5		5		composição colorida infravermelha falsa-cor	10-13
	PC ₃	PC ₄		PC ₄		realce pelas componentes principais	11-13
7		5		4		"contrast stretching"	13-13

- Obs.: R - filtro vermelho
 G - filtro verde
 B - filtro azul
 C - filtro complementar
 PC_i - principal componente onde i = 1, 2, 3, 4 representam os 4 canais do I-100
 7* - canal multiespectral de imagens LANDSAT

Através da análise visual de cada diapositivo, procurou-se reunir todas as informações obtidas, otimizando-se desta forma a interpretação da área estudada, ou seja, da região de Lavras do Sul (Apêndice I).

Nesta região têm-se rochas migmatíticas e ectiníticas do Grupo Cambaí (nos extremos noroeste, sudoeste e sudeste), além das rochas sedimentares da Formação Maricá (porções centro-norte e centro-sul), sequências vulcânicas de composição andesítica da Formação Hilário (porção central) e rochas graníticas do Complexo Granítico Jaguari-Lavras do Sul (extremo centro-oeste), as quais representam o Grupo Bom Jardim. No extremo nordeste da área estudada tem-se a maior exposição de rochas sedimentares das Camadas Lanceiros da Formação Santa Bárbara, ocorrendo também, localmente, na porção centro-leste da área. Os depósitos aluviais ocorrem parcialmente ao longo dos arroios Seival e do Hilário.

Estruturalmente observou-se o predomínio de falhamentos noroeste, seguidos por falhas nordeste e norte-nordeste; os falhamentos norte-nordeste são os mais extensos, como por exemplo a Falha Cerro Alegre.

Os resultados da discriminação das contribuições obtidas em cada diapositivo são apresentados na Tabela 4.3.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

TABELA 4.3

RELAÇÃO EXISTENTE ENTRE OS ASPECTOS DISCRIMINADOS E AS COMPOSIÇÕES
COLORIDAS ANALISADAS NA REGIÃO DE LAVRAS DO SUL

ASPECTOS DISCRIMINADOS		NÚMERO DA FOTO			
		09-13	10-13	11-13	13-13
planimétricos		§§§§§§§§	§§§§§§§§	§§§§§§§§	§§§§§§§§
morfológicos				§§§§§§§§	§§§§§§§§
estruturas fotogeológicas		§§§§§§§§	§§§§§§§§	§§§§§§§§	§§§§§§§§
unidades estratigráficas	depósitos aluviais			§§§§§§§§	
	Camadas Lanceiros	§§§§§§§§	§§§§§§§§		
	Compl. Gran. Jaguari-Lavras do Sul	§§§§§§§§			
	Formação Hilário	§§§§§§§§			
	Formação Maricã	§§§§§§§§	§§§§§§§§		
	Grupo Cambaí		§§§§§§§§		§§§§§§§§
	(rochas ectiníticas)				§§§§§§§§

De uma maneira geral, todos os diapositivos (09-13, 10-13, 11-13 e 13-13) contribuíram para discriminar os aspectos planimétricos e as estruturas fotogeológicas (falhas indiscriminadas e inferidas), havendo maior destaque das estruturas fotogeológicas de maior extensão na foto 11-13 (realce pelas componentes principais).

Os aspectos morfológicos foram bastante realçados nos diapositivos 11-13 e 13-13 (composição colorida com aplicação de "contrast stretching") e pouco realçados nas outras composições coloridas (09-13 e 10-13).

Dependendo da composição colorida, conseguiu-se realçar determinadas unidades estratigráficas. Desta forma tem-se que o Grupo Cambaí foi individualizado através das fotos 13-13 e 10-13; a primeira foto (13-13) destacou também as rochas ectiníticas deste grupo. Tanto a Formação Maricã como as Camadas Lanceiros da Formação Santa Bárbara

foram delimitadas através das composições coloridas 09-13 e 10-13; a foto 09-13 destacou, além das unidades anteriores, a Formação Hilário e o Complexo Granítico Jaguari-Lavras do Sul. Dentre as unidades estratigráficas existentes na área de Lavras do Sul, a composição colorida 11-13, obtida com a aplicação do programa "realce pelas componentes principais", apresentou maior destaque aos depósitos aluviais que ocorrem associados a mata-galerias.

4.3.2 - REGIÃO DAS MINAS DO CAMAQUÃ

Nesta região utilizaram-se cinco composições coloridas com aplicação do programa "realce pelas componentes principais", combinando-se as principais componentes com diferentes filtros (Tabela 4.4).

TABELA 4.4

RELAÇÃO DAS COMBINAÇÕES OBTIDAS ENTRE OS FILTROS E AS PRINCIPAIS COMPONENTES DO PROGRAMA "REALCE", NA REGIÃO DAS MINAS DO CAMAQUÃ

FILTROS UTILIZADOS						PRINCIPAL PROGRAMA UTILIZADO	Nº DA FOTO
R	RC	G	GC	B	BC		
PC ₄		PC ₃		PC ₁		realce pelas componentes principais	01-05
PC ₃		PC ₄		PC ₃		realce pelas componentes principais	02-05
PC ₄		PC ₃		PC ₁		realce pelas componentes principais	03-05
PC ₃		PC ₄		PC ₂		realce pelas componentes principais	04-05
PC ₃		PC ₄		PC ₁		realce pelas componentes principais	05-05

Obs.: R - filtro vermelho
 G - filtro verde
 B - filtro azul
 C - filtro complementar
 PC_i - principal componente onde i = 1, 2, 3, 4 re-
 presentam os 4 canais do I-100

De posse das composições coloridas assim obtidas e documentadas em diapositivos, procedeu-se a sua análise visual, individualmente, após o que procurou-se reunir todas as informações, obtendo-se desta forma o mapa fotogeológico da região das Minas do Camaquã (Apêndice I).

Esta região das Minas do Camaquã é constituída por rochas sedimentares dos membros Mangueirão e Vargas da Formação Arroio dos Nobres (na porção centro-sudoeste da área), por rochas vulcano-sedimentares da Formação Santa Bárbara (porção centro-sudeste) e sedimentares das Camadas Guarda Velha e Varzinha da Formação Guaritas (princi

palmente na porção setentrional da área) e pelos depósitos aluviais ao longo do arroio João Dias.

Estruturalmente esta área é recortada por falhamentos nordeste e noroeste, sendo que estes últimos predominam. Entretanto, as falhas orientadas para nordeste são as mais extensas e proeminentes, tal como a Falha Emiliano-Tapera.

A Tabela 4.5 apresenta as contribuições de cada fotografia para determinados aspectos contidos na área analisada.

TABELA 4.5

RELAÇÃO EXISTENTE ENTRE OS ASPECTOS DISCRIMINADOS E AS COMPOSIÇÕES
COLORIDAS ANALISADAS NA REGIÃO DAS MINAS DO CAMAQUÁ

ASPECTOS DISCRIMINADOS		NÚMERO DA FOTO				
		01-05	02-05	03-05	04-05	05-05
planimétricos		§§§§§§§§	§§§§§§§§			§§§§§§§§
morfológicos			§§§§§§§§	§§§§§§§§		§§§§§§§§
estruturas fotogeológicas			§§§§§§§§	§§§§§§§§	§§§§§§§§	§§§§§§§§
unidades estratigráficas	depósitos aluviais	§§§§§§§§	§§§§§§§§	§§§§§§§§		
	Camadas Varzinha		§§§§§§§§		§§§§§§§§	
	Camadas Guarda Velha			§§§§§§§§		
	Camadas Lanceiros			§§§§§§§§		
	Membro Rodeio Velho			§§§§§§§§		
	Membro Vargas	§§§§§§§§	§§§§§§§§	§§§§§§§§	§§§§§§§§	§§§§§§§§
	Membro Mangueirão	§§§§§§§§	§§§§§§§§	§§§§§§§§	§§§§§§§§	§§§§§§§§

Os aspectos planimétricos foram mais bem evidenciados nos diapositivos enumerados (Tabela 4.4) por 01-05, 02-05 e 05-05; estes dois últimos, em conjunto com o diapositivo 03-05, ressaltaram os aspectos morfológicos como, por exemplo, a morfologia associada às Camadas Varzinha da Formação Guaritas.

Estruturas mais extensas e proeminentes (como, por exemplo, a Falha Emiliano-Tapera) foram facilmente identificadas pelos diapositivos 02-05, 03-05, 04-05 e 05-05.

Em relação às unidades estratigráficas, verificou-se que tanto o Membro Vargas como o Membro Mangueirão, ambos da Formação Arroio dos Nobres, foram evidenciados em todos os diapositivos. O Membro Rodeio Velho, as Camadas Lanceiros da Formação Santa Bárbara e as Camadas Guarda Velha da Formação Guaritas foram individualizados somente no diapositivo 03-05; entretanto tanto esta última composição colorida

como as 01-05 e 02-05 evidenciaram os depósitos aluviais. Finalmente, as Camadas Varzinha da Formação Guaritas foram individualizadas tanto na foto 02-05 como na 04-05.

4.3.3 - REGIÃO DO PASSO DO MARINHEIRO

Para esta região ampliada, utilizaram-se seis combinações, conjugando-se diferentes programas e filtros, das quais três foram feitas através da aplicação do programa "realce pelas componentes principais" e uma, através do "contrast stretching" (Tabela 4.6).

TABELA 4.6

RELAÇÃO DAS COMBINAÇÕES OBTIDAS ENTRE FILTROS E PROGRAMAS
UTILIZADOS NO I-100, NA REGIÃO DO PASSO DO MARINHEIRO

R	FILTROS UTILIZADOS					PRINCIPAL PROGRAMA UTILIZADO	Nº DA FOTO
	RC	G	GC	B	BC		
	PC ₁	PC ₄		PC ₄		realce pelas componentes principais	01-13
	PC ₁	PC ₂		PC ₄		realce pelas componentes principais	02-13
PC ₄		PC ₃		PC ₃		realce pelas componentes principais	03-13
7*		5		4		composição colorida infravermelha falsa-cor	05-13
6		5		6		composição colorida infravermelha falsa-cor	07-13
7		5		4		"contrast stretching"	08-13

- Obs.: R - filtro vermelho
G - filtro verde
B - filtro azul
C - filtro complementar
PC_i - principal componente onde i = 1, 2, 3, 4 representam os 4 canais do I-100
7* - canal multiespectral de imagens LANDSAT

Esta região ampliada do Passo do Marinheiro (Apêndice I) engloba rochas metassedimentares do Grupo Porongos (porção centro-oeste), rochas graníticas do Complexo Granítico Encruzilhada e os granitos Arroio dos Ladrões, Cordilheira, Prestes e Campina (porção centro-leste), além de rochas constituintes do Membro Vargas da Formação Arroio dos Nobres (porção noroeste), da Formação Caneleiras (extremo sudoeste, centro-norte e nordeste) e de depósitos aluviais (foz do arroio dos Vargas e no rio Camaquã).

Estruturalmente esta região é recortada por diversos falhamentos, com o predomínio, tanto em número quanto em extensão, dos falhamentos orientados para o quadrante NE, salientando-se a Falha Passo do Marinheiro e a Zona de Falhas Açotéia-Piquiri.

Deve-se destacar que esta região estudada contém zonas mineralizadas por cassiterita, principalmente em regiões graizenizadas do Granito Campina (região central da área estudada).

A tabela 4.7 apresenta as principais contribuições individuais da região do Passo do Marinheiro.

Procurou-se reunir todas as informações obtidas no mapa fotogeológico da região do Passo do Marinheiro (Apêndice I).

TABELA 4.7

RELAÇÃO EXISTENTE ENTRE OS ASPECTOS DISCRIMINADOS E AS COMPOSIÇÕES
COLORIDAS ANALISADAS NA REGIÃO DO PASSO DO MARINHEIRO

ASPECTOS DISCRIMINADOS		NÚMERO DA FOTO					
		01-13	02-13	03-13	05-13	07-13	08-13
planimétricos				§§§§§		§§§§§	§§§§§
morfológicos			§§§§§		§§§§§		§§§§§
estruturas fotogeológicas		§§§§§	§§§§§	§§§§§	§§§§§	§§§§§	§§§§§
unidades estratigráficas	depósitos aluviais						§§§§§
	Formação Caneleiras		§§§§§		§§§§§		§§§§§
	Membro Vargas		§§§§§	§§§§§			
	Granito Campina					§§§§§	
	Granito Prestes					§§§§§	
	Granito Cordilheira					§§§§§	
	Gran. Arroio dos Ladrões					§§§§§	
	Compl. Gran. Encruzilhada					§§§§§	
	Grupo Porongos					§§§§§	

Em relação aos aspectos planimétricos, as principais drenagens foram facilmente identificadas nos diapositivos 03-13 e 08-13, enquanto a identificação de estradas só foi possível no 07-13.

Os aspectos morfológicos, em geral, foram evidenciados nas fotos 02-13, 05-13 e 08-13.

Quanto aos aspectos estruturais, os falhamentos principais foram reconhecidos na foto 07-13, enquanto a complementação de outras falhas secundárias foi realizada conjugando-se as informações obtidas em todas as fotos (01-13, 02-13, 03-13, 05-13, 07-13 e 08-13).

Em relação às unidades estratigráficas individualizadas nesta área, verificou-se que tanto o Grupo Porongos como os corpos graníticos do Complexo Granítico Encruzilhada e os granitos Arroio dos Ladrões, Cordilheira, Prestes e Campina foram reconhecidos na foto 07-13. O Membro Vargas da Formação Arroio dos Nobres foi reconhecido e individualizado tanto na foto 02-13 como na 03-13; a primeira, em conjunto com as fotos 05-13 e 08-13, possibilitou a individualização da Formação Caneleiras; a última possibilitou o reconhecimento dos principais depósitos aluviais existentes na área estudada.

CAPÍTULO 5

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão discutidos os resultados obtidos com o uso de imagens MSS-LANDSAT, relacionados às unidades estratigráficas, ao aspecto estrutural e às ocorrências cupríferas, individualizadas e analisadas no capítulo anterior.

5.1 - QUANTO ÀS UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS

Na porção sudeste da área estudada (região de Piratini), as imagens MSS-LANDSAT possibilitaram a discriminação e individualização de diversos corpos graníticos que recortam rochas migmatíticas, anteriormente conhecidas, porém nunca individualizados em mapas geológicos até o trabalho de Ribeiro (1977). Esta individualização foi facilitada pela presença quase constante de inúmeras pequenas atividades agrícolas (possivelmente aproveitando locais de corpos graníticos de composição mais básica), que caracterizaram em imagens multiespectrais textura granulada heterogênea densa (Figura 4.6) e cor vermelho média mesclada com pequenas manchas azul-esverdeadas e/ou claras (em composição colorida). Outro fator que, possivelmente, resultou na resposta espectral apresentada nas imagens pode ser a associação com estas atividades agrícolas de diversos matacões graníticos que sobressaem da vegetação da área.

Pelas características fotogeológicas semelhantes às acima descritas e verificadas na região de Dom Feliciano, estes corpos graníticos foram considerados, no presente trabalho, pertencentes ao Complexo Granítico Dom Feliciano (Tessari e Picada, 1966).

No campo, estes corpos graníticos são representados predominantemente por granitos médios e médios a grosseiros, de cor cinza médio e róseo avermelhado (Figura 5.1), biotítico (localmente bastante biotítico), contendo esporadicamente alguns diques riolíticos totalmen

te alterados. Afloram como matacões de dimensões variadas, predominando, no entanto, cortes bastante alterados, ao longo das diversas rodovias que se entrelaçam pela área estudada.

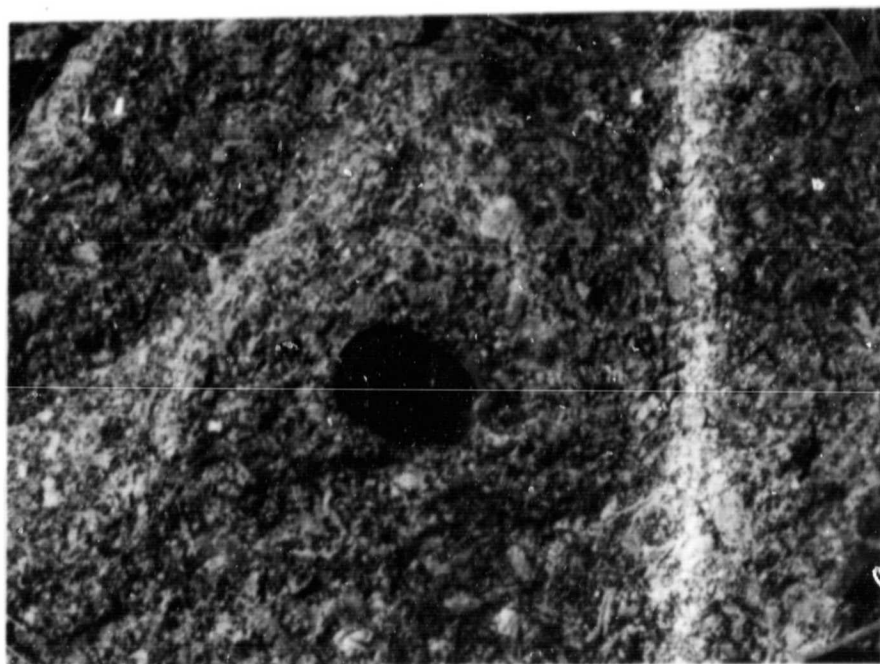


Fig. 5.1 - Matacão granítico do Complexo Granítico Dom Feliciano, no km 69 da rodovia Pelotas-Santa Maria (BR-392).

Detalhe dos fenocristais de até 4 centímetros de feldspato róseo claro em granito porfirítico grosso, que contém ainda feldspato cinza claro, quartzo e minerais ferromagnesianos.

Associados aos corpos graníticos (Complexo Granítico Dom Feliciano), observaram-se diversas pequenas "manchas" bastante alteradas de rochas migmatíticas, correlacionadas ao Grupo Cambaí. Devido à profunda alteração destas rochas migmatíticas, estas "manchas" se apresentaram numa textura lisa e cor vermelho média (Figura 4.6).

Ainda nesta porção granítica do sudeste da área estudada, foi individualizada através de composições coloridas uma extensa faixa irregular, grosseiramente NE-SW, distinta do Complexo Granítico Dom Feliciano pela presença de um relevo com forte dissecação dos canais de drenagem, refletida numa textura segmentar esparsamente heterogênea e numa cor vermelho clara a média (Figura 4.8), e enquadrada neste trabalho no Granito Arroio dos Ladrões (Picada, 1971). Em campo predomina o granito médio, biotítico, com feldspato róseo avermelhado (localmente com a presença de fenocristais de até 4 centímetros), que resultou numa cor róseo avermelhada (localmente esverdeada). Às vezes ocorre uma gradação lateral para granito quartzo-feldspático, de cor róseo avermelhado. Fato interessante observado em campo foi a presença quase constante de diversos diques de riolito alterados (orientados para N5W, N20W e N75W), além de diversos veios de aplito. Observaram-se também poucos diques de diabásio, geralmente com uma orientação média próxima a N-S.

Tanto os diques de riolito e de diabásio como os veios de aplito, observados em campo, não foram individualizados em imagens MSS-LANDSAT, devido à própria resolução do sensor (teoricamente 79 metros) e às suas reduzidas dimensões.

Quanto à Formação Guaritas, unidade do topo do Grupo Camaquã, que ocorre na porção central da área estudada, constitui a unidade predominante quanto ao aspecto areal de exposição relativa do referido grupo. No presente trabalho, as imagens MSS-LANDSAT possibilitaram a individualização fotogeológica dos dois membros, conforme proposição formal de Ribeiro e Lichtenberg (1978), em Camadas Guarda Velha (inferior) e Camadas Varzinha (superior), porém nunca cartografados em trabalhos anteriores.

O membro inferior (Camadas Guarda Velha) da Formação Guaritas apresentou-se com a sua distribuição, predominantemente, ao norte do rio Camaquã, assim como a sudoeste das Minas do Camaquã até à altura do médio curso do arroio Lichiguana (Apêndice A). Fotogeológica

mente, foi caracterizado por uma textura segmentar homogênea média (Figura 4.22), denotada pelos diversos afluentes dos arroios. O padrão de drenagem é subparalelo e angular, de baixa a média densidade, frequentemente controlado por pequenos falhamentos e/ou fraturamentos. Apresentou-se com tonalidade cinza médio a claro, mesclada por segmentos cinza claro (canal 6). Tanto em composição colorida como no canal 5 (branco/preto) destas imagens, observaram-se pequenas manchas, aproximadamente poligonais, possivelmente de atividades agrícolas, principalmente na porção centro-nordeste da área de ocorrência das Camadas Guarda Velha.

O membro superior (Camadas Varzinha) da Formação Guaritas foi individualizado em toda área de influência da bacia do arroio da Glória (ao norte das Minas do Camaquã) e no alto curso do arroio Torrinhas (ao sul das Minas do Camaquã). Além destas áreas, este membro superior encontra-se, também, representado na altura do médio curso do arroio Torrinhas por duas pequenas ocorrências (Apêndice A).

Em campo, as Camadas Varzinha se apresentaram segundo um tipo característico de forma de relevo, denominado localmente "guaritas", emprestando daí o nome à formação. Estas "guaritas" são formas resultantes da ação erosiva ao longo de juntas e/ou fraturas, que resultaram num aspecto de conjunto de torres ou de grandes edifícios em ruínas (Figura 5.2). O conjunto destas formas de relevo em torres denotou em imagens MSS-LANDSAT uma textura rugosa com alguma característica de textura segmentar heterogênea densa, possível reflexo do padrão de fraturamento presente nesta unidade. Apresentou-se numa tonalidade relativa de cinza médio no canal 6 (Figura 4.22).



Fig. 5.2 - Exposição de arenitos avermelhados das Camadas Varzinha da Formação Guaritas, na rodovia Caçapava do Sul-Minas do Camaquã.

Forma característica de relevo, denominado localmente "guaritas", resultante da ação erosiva ao longo de juntas e/ou fraturas, o qual forma em conjunto um aspecto de diversas torres ou de grandes edifícios em ruínas.

Ainda nesta porção central da área estudada, mais especificamente centro-sul, a Formação Santa Bárbara, unidade basal do Grupo Camaquã, mostrou-se com a sua área de ocorrência mais ampla, em relação aos trabalhos de Tessari e Giffoni (1970). Pelas características fotogeológicas semelhantes às apresentadas na região de ocorrência de rochas sedimentares da Formação Santa Bárbara, a oeste e sudoeste do Granito de Caçapava, ou seja, textura medianamente rugosa a lisa (Figura 4.20) e tonalidade cinza claro, esta área foi interpretada como representante das Camadas Lanceiros (sequência sedimentar da Formação Santa Bárbara). Anteriormente, Tessari e Giffoni (1970) classificaram esta mesma região como pertencente à Formação Guaritas (Apêndice C) possivelmente como Camadas Guarda Velha. No entanto, esta área respondeu em imagens MSS-LANDSAT diferentemente em relação àquela área onde

ocorreu o referido membro inferior da Formação Guaritas, anteriormente caracterizado.

Nas regiões de Bom Jardim e Cerro dos Martins (respectivamente a leste e ao sul do Granito de Caçapava) e nas cabeceiras do arroio das Traïras (a sudeste das Minas do Camaquã), as sequências vulcano-sedimentares caracterizadas pela presença de diversos pequenos corpos de andesitos associados a rochas sedimentares foram enquadradas no presente trabalho, na Formação Cerro dos Martins (Santos et alii, 1978). Esta unidade vulcano-sedimentar apresentou-se fotogeologicamente distinta daquelas áreas individualizadas como Formação Arroio dos Nobres; esta se apresentou em imagens MSS-LANDSAT com tonalidades de cinza claro e médio (Figura 4.14) e, respectivamente, com texturas lisas e medianamente rugosa, enquanto a Formação Cerro dos Martins apresentou-se com tonalidade de cinza claro a escuro e textura lisa e rugosa (Figura 4.12).

No quadrante noroeste da área estudada, aquelas áreas com ocorrência de rochas xistosas (ao norte, oeste e sul de Lavras do Sul), anteriormente consideradas pertencentes à Formação Vacacaï, foram no presente trabalho enquadradas no Grupo Cambaï, tal como o fizeram Ribeiro e Fantinel (1978). Estas áreas ectiníticas do Grupo Cambaï (Figura 4.2) foram diferenciadas através da tonalidade cinza médio fracamente mais escuro (canal 6 de imagens MSS-LANDSAT), se comparadas com aquelas áreas migmatíticas do mesmo grupo.

5.2 - QUANTO AO ASPECTO ESTRUTURAL

Registrou-se marcante contraste relativo na densidade de fraturamentos (falhas e lineamentos), resultante do uso de imagens multiespectrais do satélite LANDSAT (Apêndice B), visto que estas imagens, especialmente os canais 6 e 7 (região do infravermelho próximo), registram e destacam as descontinuidades existentes no terreno. Observou-se principalmente grande quantidade adicional de pequenos falhamentos com direção para o quadrante noroeste, se comparadas com aquelas apresentadas em trabalhos anteriores (Apêndice C).

Assim como demonstraram Ramos (1977) e Offield et alii (1977), a utilização de imagens MSS-LANDSAT para a análise de feições estruturais mostrou-se muito vantajosa e eficiente.

Assim sendo, de uma maneira geral, na área estudada, todos os falhamentos regionais conhecidos e orientados para o quadrante nordeste foram reconhecidos com relativa facilidade, através dos canais 6 e 7, inclusive com a identificação de outros novos falhamentos e/ou prolongamentos dos anteriormente conhecidos, como por exemplo a extensa zona de falhas que ocorre fazendo contato oriental do Grupo Camaquã, a noroeste de Santana da Boa Vista. Outros pequenos e novos falhamentos nordeste foram mapeados, ocorrendo em diversas unidades estratigráficas, principalmente naquelas que constituem o chamado Escudo Sul-riograndense.

De outro lado, excelente destaque ocorreu com os inúmeros falhamentos orientados para noroeste, podendo-se estimar um acréscimo pelo menos duas vezes maior que o existente em trabalhos anteriores. A orientação média destes pequenos falhamentos varia ao redor de N45W.

Especial cautela deve-se tomar no mapeamento de estruturas com orientações próximas a leste-oeste, principalmente aquelas no roeste de alto ângulo, devido ao "mascaramento" pelas linhas de varredura de sensor.

Discutir-se-ão a seguir as principais feições estruturais obtidas através do estudo com imagens multiespectrais do satélite LANDSAT:

- a) Na região a noroeste de Santana da Boa Vista, assinalou-se uma importante zona de falhas nordeste (Figura 5.3), considerada neste trabalho o possível prolongamento da Falha Aberta dos Cerros (Tessari e Giffoni, 1970), porém deslocada para noroeste através de uma pequena falha de deslocamento horizontal, de caráter levôgira, na altura do rio Camaquã (Apêndices A e B). Esta zona de falhas é representada, no campo, por uma sequência paralela de ultramilonitos (Figura 5.4) a qual faz o contato entre os metamorfitos do Grupo Porongos e as rochas sedimentares vermelhas do Grupo Camaquã. Possui uma extensão de aproximadamente 80 quilômetros, sendo interrompida ou recoberta pelos sedimentos do Membro Vargas na região das cabeceiras dos arroios Soitã e Araticum (Apêndice B). A atitude desta zona de falhas é N30E/50NW e foi enquadrada no Sistema de Falhas Açoteia-Piquiri (Picada, 1971).

ORIGINAL PAGE
COLOR PHOTOGRAPH



Fig. 5.3 - Foto da região central da área estudada, obtida de composição colorida MSS-LANDSAT.

Observar a conspicuidade das falhas regionais nordeste Aberta dos Cerros (borda leste da foto) e Emiliano-Tapera (próximo às Minas do Camaquã).

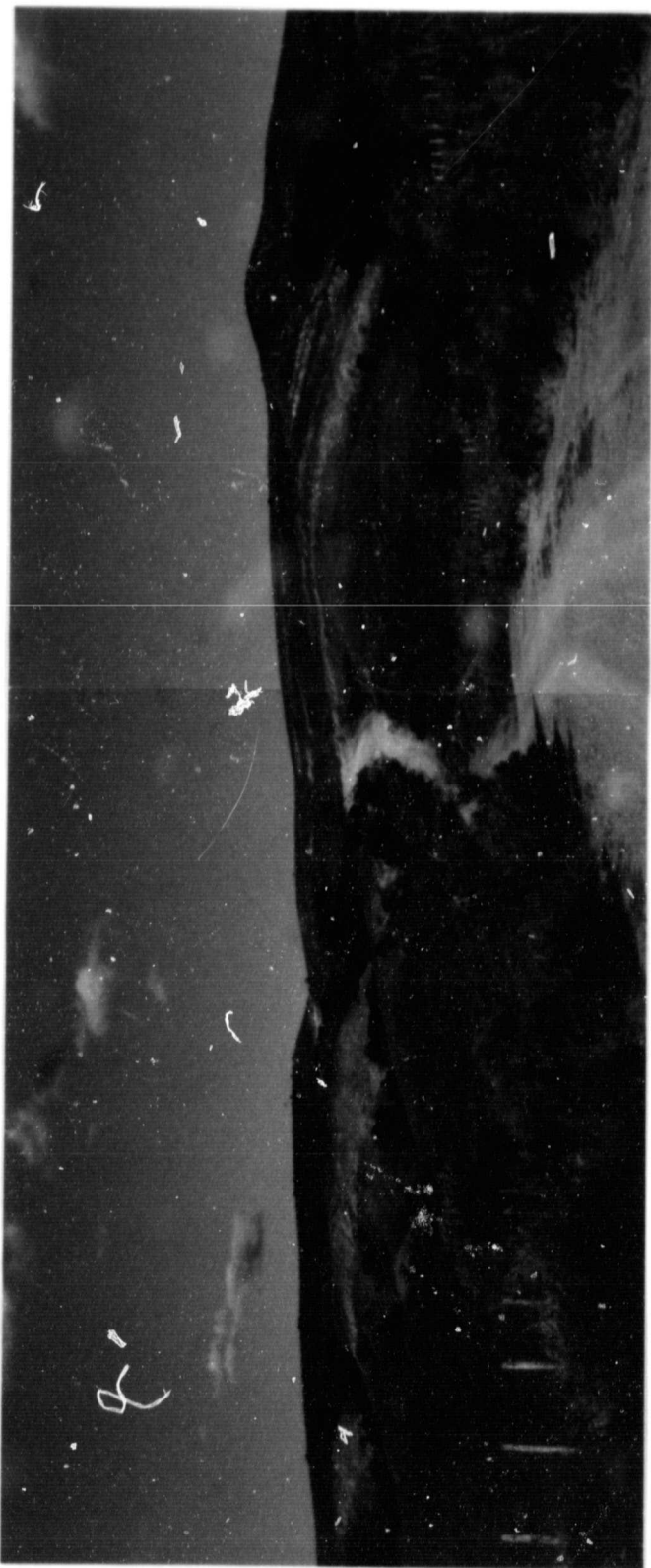


Fig. 5.4 - Sequência de ultramilonitos da Falha Aberta dos Cerros, ao norte de Santana da Boa Vista.

No primeiro plano têm-se os arenitos arcóseos da Formação Santa Bárbara (Camadas Lanceiros); no segundo plano tem-se o morro alongado segundo a direção N30E, constituído por metamorfitos do Grupo Porongos, com a sequência de três corpos de ultramilonitos paralelos da Falha Aberta dos Cerros, com espessura média de 15 metros.

Esta zona de falhas nordeste (Aberta dos Cerros ?), pela cons tante presença da extensa sequência de milonitos (verificada no campo em três pontos diferentes), possivelmente correspon deu a falhas antigas pré-Brasilianas com deslocamentos horizon tais (regime de compressão da Faixa de Dobramento Tijuca), e que posteriormente sofreu reativações em épocas pré-Camaquã (Ciclo Brasileiro) com movimentos predominantemente verticais e/ou com componentes oblíquos (regime de distensão). Consequen temente limitou a sedimentação do Grupo Camaquã, numa possível bacia intermontana, caracterizando o estágio de transição (Almeida, 1969) na diferenciação tectônica da Plataforma Brasileira.

Ainda nesta região, a cerca de 2 quilômetros a noroeste de Santana da Boa Vista, verificou-se uma possível falha nordeste, de aproximadamente 50 quilômetros de extensão, a qual foi con siderada como o prolongamento para sudoeste da falha com deslo camento horizontal (Tessari e Picada, 1966) e que faz o conta to entre o Membro Vargas e o Grupo Porongos (região das cabe ceiras do arroio dos Vargas). Esta falha, na região de Santana da Boa Vista, foi evidenciada pela presença de quartzitos fra camente micáceos, intercalados ao quartzo-mica-xisto.

- b) Na região de Caçapava do Sul, a Falha Andradas faz localmente o contato ocidental entre o Granito de Caçapava e o Grupo Porongos, representado por uma zona de brechas (50 metros de es pessura). Esta falha possui continuidade até a região do Cerro dos Martins (ao sul do Granito de Caçapava) e, possivelmente, tem uma idade pós-intrusão granítica (aparentemente a porção centro-norte desta falha ocorre no corpo granítico).

Ainda nesta região, registrou-se a Falha de Santa Bárbara, que ocorre nos sedimentos das Camadas Lanceiros (Formação Santa Bárbara). A oeste desta falha, registraram-se outras falhas de nominadas Silveira, Crespos e Pessegueiro.

A primeira falha (Falha Silveira) faz localmente os contatos orientais da Formação Acampamento Velho com as Camadas Lanceiros e da Formação Maricã com a Formação Hilário; possui uma orientação média de N40E e foi enquadrada no Sistema de Falhas Dorsal de Cangussu (Picada, 1971).

A Falha Crespos possivelmente pode ser considerada a continuidade da Falha Cerro dos Cabritos, que ocorre a sudoeste. Aquela falha faz o contato oriental da Formação Maricã com a Formação Acampamento Velho e Camadas Lanceiros, numa orientação média de N50E.

Grande parte da Falha Pessegueiro ocorre em rochas da Formação Maricã, com uma orientação de N50E; localmente faz o contato sudeste da Formação Acampamento Velho.

- c) Na região ao sul do Granito de Caçapava, registrou-se uma extensa descontinuidade com orientação para N35E (Falha Cerro dos Martins), que passa próximo à ocorrência cuprífera do Cerro dos Martins. O extremo setentrional desta falha coloca em contato litologias das Camadas Lanceiros com as Camadas Guarda Velha; em sua porção central, faz limite entre os dois membros da Formação Guaritas. Em imagens, esta descontinuidade apresentou-se bastante retilínea, inclusive condicionando parcialmente o arroio Irapuã (cabeceiras); porém não é tão conspícuo como as falhas Emiliano-Tapera e Aberta dos Cerros, que ocorrem em rochas do Grupo Camaquã.

Paralelas à Falha Cerro dos Martins, têm-se nas proximidades do rio Camaquã duas outras possíveis falhas (representadas por traços descontínuos), que ocorrem principalmente em rochas da Formação Guaritas.

Ainda nesta região ao sul do Granito de Caçapava, registrou-se uma possível falha, com uma orientação média de N50E, situada entre as ocorrências Cerro das Ovelhas e Cerro dos Martins (Apêndice B). Ocorre numa extensão de aproximadamente 80 quilômetros, desde o sudeste do Complexo Granítico Jaguari-Lavras do Sul até o nordeste do Granito de Caçapava. O extremo sudoeste desta possível falha interceptou os vulcanitos da Formação Hilário e sedimentos arcossianos das Camadas Lanceiros (Formação Santa Bárbara) e continuou no sentido nordeste, fazendo localmente o contato entre o Grupo Porongos e as Camadas Lanceiros, assim como o contato entre a sequência vulcano-sedimentar da Formação Cerro dos Martins e as Camadas Lanceiros; localmente faz contato com as Camadas Guarda Velha da Formação Guariatas (no extremo nordeste da falha).

- d) Na região da ocorrência cuprífera Casa de Pedra (Apêndice B), foi discriminada fotogeologicamente uma falha orientada para N8W, denominada Falha Casa de Pedra, que colocou em contato o Membro Vargas com as Camadas Guarda Velha. Possui uma extensão aproximada de 20 quilômetros.

Ainda nas proximidades da ocorrência Casa de Pedra, observou-se outra falha, orientada segundo N45W, que faz o contato entre a Formação Cerro dos Martins e as Camadas Guarda Velha.

A cerca de 5 quilômetros a leste da Falha Casa de Pedra, registrou-se uma extensa e possível falha, com uma orientação média de N10W e extensão de 45 quilômetros; interceptou rochas dos grupos Cambaí e Camaquã, além do Membro Vargas.

- e) Na região da Falha do Paredão, no extremo centro-oriental da área estudada (Apêndice B), registrou-se a cerca de 5 quilômetros a leste, uma falha que faz o limite oriental do Granito Campina (Apêndice A) e prolonga-se tanto para nordeste como para sudoeste em rochas metamórficas do Grupo Porongos, numa ex

tensão total de 60 quilômetros e orientação média de N20E. O extremo setentrional desta falha colocou em contato rochas do Grupo Porongos com o Complexo Granítico Encruzilhada.

Imediatamente a leste desta falha anterior, foi registrada outra falha, que se inicia na foz do arroio Guaramano e prossegue por aproximadamente 30 quilômetros, numa orientação N10E, até às proximidades das cabeceiras do arroio das Pedras. Esta falha colocou localmente em contato as rochas do Grupo Porongos com o Complexo Granítico Encruzilhada, assim como o Granito Campina com o Complexo Granítico Encruzilhada e com o Grupo Porongos.

Nas proximidades da foz do arroio dos Vargas, verificou-se uma falha orientada segundo N50E, que colocou localmente em contato rochas do Grupo Porongos com o Granito Campina e com o Complexo Granítico Encruzilhada.

Diversas outras feições estruturais, acrescentadas àquelas anteriormente existentes, ocorrem nas mais diversas unidades estratigráficas individualizadas no mapa geológico (Apêndice A); com relação ao contexto regional, são de menor importância.

No entanto, ênfase deve ser dada às inúmeras feições estruturais com orientações para o quadrante noroeste, podendo-se estimar, como já dito anteriormente, um acréscimo pelo menos duas vezes maior que o existente em trabalhos anteriores. São falhas e/ou possíveis falhas, relativamente pouco extensas, exceto aquelas anteriormente descritas ou existentes na literatura geológica da área, tais como as falhas do Cambarã, do Suspiro-Linhares, do Jaguarzinho e da Felicidade (localizadas a oeste e sul do Complexo Granítico Jaguari-Lavras do Sul).

Estas feições estruturais noroeste ocorrem preferencialmente em rochas constituintes do chamado Escudo Sul-riograndense, podendo-se até delimitar, a grosso modo, o escudo da Depressão Periférica, em função da densidade dos traços destas feições estruturais.

Numa análise das imagens multiespectrais do satélite LANDSAT, relativamente poucas destas feições estruturais apresentaram-se como descontinuidades conspícuas.

Numa análise global da área estudada, através da banda 7 (infravermelha próxima), verificou-se que os falhamentos nordeste mais conspícuos foram: Zona de Falhas Açotéia-Piquiri, Falha Aberta dos Cerros, Falha Emiliano-Tapera, Falha Andradas, Falha Santa Bárbara, Falha Crespos, Falha Pessegueiro. Estas falhas, de modo geral, apresentaram-se como alinhamentos de relevo (Figura 5.3); muitas delas apresentaram-se esporadicamente como milonitos e/ou cataclasitos (falhas Aberta dos Cerros, Zona de Falhas Açotéia-Piquiri, Andradas e outras).

Dos inúmeros falhamentos noroeste existentes na área estudada, os mais conspícuos foram as falhas Suspiro-Linhares e do Cambará, as quais foram evidenciadas por alinhamentos de relevo e condicionamento parcial da drenagem. Diversos destes falhamentos noroeste condicionaram localmente diques de riolitos ou de diabásios, em particular em rochas graníticas da porção oriental da área estudada.

Além dos falhamentos registrados no mapa geológico (Apêndices A e B), foram identificados fotogeologicamente inúmeros lineamentos de variadas extensões e predominantemente orientados para o quadrante noroeste. Estes lineamentos apareceram na banda 7 de imagens multiespectrais como traços retilíneos relativamente difusos. Ocorreram tanto em rochas do Escudo Sul-riograndense como em coberturas gonduânicas.

Assinalaram-se também diversas estruturas circulares e ovaladas, distribuídas em diversas unidades estratigráficas da área (Apêndice B). Concentrações destas estruturas ocorreram, principalmente em áreas de intrusões graníticas (Granito de Caçapava, Complexo Granítico Jaguari-Lavras do Sul e região granítica da porção oriental da área) e em áreas com vulcanismo andesítico e/ou riolítico (sul das Minas do Camaquã e leste de Lavras do Sul). Estas regiões são merecedoras de estudos posteriores, visto que podem ser áreas com indicações de zonas mineralizadas. Neste aspecto, aquelas áreas com concentrações de estruturas circulares e ovaladas da região granítica da porção oriental da área estudada (próximo ao limite entre o maciço mediano e a faixa de dobramento) podem, possivelmente, indicar áreas favoráveis à presença de cassiterita, columbita, tantalita, wolframita, berilo, fluorita e outros, visto que estas estruturas podem estar relacionadas a granitos diapíricos ou "plugs" graníticos.

As estruturas circulares e ovaladas observadas em granitos anarogênicos (Granito de Caçapava e Complexo Granítico Jaguari-Lavras do Sul) podem estar relacionadas com zoneamento interno ao corpo granítico, possivelmente devido a diferentes composições mineralógicas e químicas, assim como a diferentes idades. Quanto ao caso de áreas com vulcanismo andesítico e/ou riolítico, possivelmente deve estar relacionado a reflexos de "sills" intrusivos em sedimentos molassóides.

Fato interessante foi a identificação de algumas destas estruturas circulares e/ou ovaladas em rochas metassedimentares do Grupo Porongos, na região de Santana da Boa Vista, as quais podem ser indicativos de corpos intrusivos não-aflorantes (cúpulas graníticas em profundidade e não-aflorantes) ou estruturas dobradas.

Os dados de fraturamentos (falhas e lineamentos) presentes na área estudada foram submetidos a um tratamento estatístico computacional, para verificação de seu padrão geométrico geral (Seção 4.2).

Numa análise dos diagramas de frequência semi-circular dos dados de fraturamentos (Figura 4.29), verificou-se a existência de picos (modas principal e secundária) que foram agrupadas, segundo suas orientações, em picos nordeste, noroeste e norte-sul.

Os picos nordeste corresponderam aos intervalos N20-30E, N25-35E, N45-50E, N55-60E e N55-65E, os quais foram enquadrados nos sistemas de falhas Açotéia-Piquiri (os dois primeiros intervalos) e Dorsal de Cangussu.

Destes picos nordeste, aqueles intervalos enquadrados no Sistema de Falhas Dorsal de Cangussu apresentaram correspondência com as falhas discriminadas na porção sudeste da área, ao longo das quais encontram-se alinhados diversos corpos graníticos (Complexo Granítico Encruzilhada, granitos Cordilheira e Arroio dos Ladrões), todos do Pré-Cambriano médio (?). Esta região corresponde à zona limítrofe entre o Maciço Mediano de Pelotas e a Faixa de Dobramento Tijucas (Hasui et alii, 1975), formada no Ciclo Brasileiro (450-650 m.a.). Uma segunda concentração de falhamentos enquadrados neste sistema de falhas ocorreu na região a noroeste de Lavras do Sul, principalmente em rochas constituintes do Grupo Cambaí e, localmente, no Grupo Porongos (por exemplo, a Falha do Cerro da Cria e a Falha Lopes). Provavelmente estas falhas nordeste foram os controladores de intrusões graníticas (como, por exemplo, o Granito da Ramada e o Complexo Granítico Jaguari-Lavras do Sul), andesíticas e riolíticas (formações Acampamento Veího e Hilário).

Das observações expostas no parágrafo anterior e da análise de trabalhos preexistentes, é provável que estes falhamentos nordeste, enquadrados no Sistema de Falhas Dorsal de Cangussu, sejam antigas falhas transcorrentes (Pré-Cambrianos), de idade pré-Porongos, podem reativadas durante o Ciclo Brasileiro e no período cretácico, conforme observações de Picada (1971). Algumas delas apresentaram-se com características de deslocamentos horizontais (Falha Cerro da Cria, evidenciado pelo deslocamento no pequeno corpo do Granito da Ramada, no sentido nordeste-sudoeste, portanto de caráter levôgira).

Outros picos, cujos intervalos foram enquadrados no Sistema de Falhas Açotéia-Piquiri (N20-30E e N25-35E), corresponderam àqueles falhamentos que ocorrem concentrados na porção central da área estudada, ou seja, naquela região que Hasui et alii (1975) denominaram Faixa de Dobramento Tijucas. Estes falhamentos nordeste controlaram a deposição de sedimentos dos grupos Bom Jardim (formações Arroio dos Nobres e Cerro dos Martins) e Camaquã (formações Santa Bárbara e Guariatas), indicando também ser possíveis condutores de intrusões andesíticas e riolíticas (formações Acampamento Velho e Hilário).

Numa observação do mapa geológico (Apêndice A) do presente trabalho, verificou-se que estes falhamentos nordeste foram os responsáveis pela formação de bacias intermontanas, possivelmente após a fase de Dobramento Porongos e durante o processo de soerguimento da cadeia de montanhas. Esta hipótese é justificada pela presença de sedimentos imaturos, com características de regime de entulhamento rápido (base do Grupo Camaquã). Estes falhamentos nordeste tiveram sua atuação tectônica, possivelmente desde o Pré-Cambriano superior até o Cambro-Ordoviciano, que culminou com a formação e sedimentação de bacias intermontanas através da mudança no seu regime de esforços. Ou seja, preteritamente seriam falhas com rejeitos horizontais (justificadas, possivelmente, pela presença localizada de largas faixas de rochas cisalhadas, como, por exemplo, na região de Pedras Altas, onde a Zona de Falhas Açotéia-Piquiri apresenta-se com uma faixa de milonitos de mais de dois quilômetros de largura), e mudando, possivelmente, no decorrer ou no final do Pré-Cambriano superior, para regimes de esforços predominantemente de distensão e com componentes principalmente verticais. Nesta ocasião, os produtos de erosão das montanhas foram retidos e acompanhados de intrusões e derrames de materiais vulcânicos. Almeida (1969, p. 30) assinalou que "estes fenômenos caracterizam o chamado estágio de transição que separa, no tempo, a etapa geossinclinal da ortoplataformal que lhe segue".

Em relação ao pico orientado segundo norte-sul, verificou-se que existe correspondência com aqueles intervalos (N10-20E e N5-15W) enquadrados no Sistema de Falhas Passo do Marinheiro. Numa observação dos mapas geológico e de lineamentos (Apêndices A e B), verificou-se que este intervalo de pico norte-sul, engloba diversos falhamentos que recortam várias unidades estratigráficas pré-gonduânicas, constituintes do chamado Escudo Sul-riograndense. Dentre estes falhamentos, o principal e mais característico foi a Falha Passo do Marinheiro (ao NNE de Piratini, na região do rio Camaquã), a qual Tessari em 1965 (Tessari e Picada, 1966) comprovou um deslocamento horizontal com rejeitos direcionais de até 32 quilômetros no Complexo Granítico Encruzilhada. Esta falha é de caráter levôgira e colocou localmente em contato o complexo granítico com os metassedimentos do Grupo Porongos (ao norte do rio Camaquã).

Picada (1971) afirmou que estes falhamentos enquadrados nos picos norte-sul e observados nos diagramas de frequência originaram-se do final da Orogênese Porongos. Possivelmente foram contemporâneos ou de épocas próxima aos falhamentos do Sistema de Falhas Açoteia-Piquiri, ou, mais especificamente, contemporâneos à fase de mudança dos regimes de esforços de compressão para os de distensão. Portanto, comprovadamente são mais jovens que o Sistema de Falhas Dorsal de Cangussu e sua máxima atividade tectônica é admitida no Pré-Cambriano superior, após os dobramentos dos ectinitos Porongos (Picada, 1971). No entanto, observando-se o mapa geológico (Apêndice A), aparentemente pôde-se verificar que algumas falhas enquadradas no Sistema de Falhas Passo do Marinheiro (por exemplo, a Falha Santa Bárbara que ocorre a oeste do Granito de Caçapava) recortaram rochas imaturas da Formação Santa Bárbara. Desta observação surgem duas hipóteses: ou a atividade tectônica deste sistema perdeu até após a sedimentação da Formação Santa Bárbara, ou então foram produtos de reativações tectônicas pós-Santa Bárbara.

Por último tem-se o pico noroeste, caracterizado por falhamentos orientados nos intervalos N35-45W e N40-45W. No mapa geológico (Apêndice A), estes intervalos corresponderam principalmente àqueles fraturamentos classificados como lineamentos (traços normalmente retilíneos, identificados difusamente em imagens), falhas inferidas e, subordinadamente, falhas.

Numa análise do mapa de lineamentos (Apêndice B) verificou-se que, dentre os fraturamentos orientados para o quadrante noroeste puderam-se discernir duas séries de falhas: uma orientada para N50W e outra para N20W. A primeira possui maior frequência e importância (falhas do Cambarã, da Felicidade, Suspiro Linhares e do Jaguarizinho), com características de falhas de gravidade; originou fossas localizadas, como, por exemplo, aquela limitada pelas duas últimas falhas acima citadas, onde se depositaram os sedimentos pré-cambrianos (Formação Maricã) e gonduânicos (Subgrupo Itararé) e localizada a oeste do Complexo Granítico Jaguari-Lavras do Sul. Levando-se em conta as orientações próximas a N50W destes falhamentos, pôde-se especular que esta série de falhas noroeste provavelmente foram relacionadas ou conjugadas ao Sistema de Falhas Dorsal de Cangussu, visto que suas orientações ocorrem perpendicularmente ao referido sistema de falhas.

Quanto aos falhamentos da segunda série, com orientações médias de N20W, verificou-se que ocorrem concentradas na região central da área estudada, particularmente nas regiões a sudoeste (arroyo das Traíras) e a sudeste (rio Camaquã) das Minas do Camaquã e que recortam difusamente as rochas pertencentes desde o Grupo Cambaí até a Formação Santa Bárbara. Pelas características apresentadas pode-se supor que esta série de falhas N20W provavelmente foi conjugada ao Sistema de Falhas Açoteia-Piquiri.

Como já mencionado anteriormente, estes falhamentos noroeste frequentemente hospedaram diques de riolito (observados com grande frequência no Granito Arroio dos Ladrões) e/ou de diabásio (por exemplo, na Mina São Luiz das Minas do Camaquã, Bettencourt (1972) e

Bettencourt e Damasceno (1974) observaram um dique de diabásio com orientação média em torno de N65-75W), o que reforçou a correlação, admitida por Ribeiro et alii (1966) e Ribeiro e Carraro (1971), com a Reativação Wealdeniana definida por Almeida (1967).

Fato interessante observado por Bettencourt (1972) neste dique de diabásio da Mina São Luiz foi a presença de falhamentos N70-80W, que cortam longitudinalmente o corpo de diabásio, indicando a existência de movimentos mais recentes, sin-intrusão ou pós-intrusão do dique de diabásio.

Quanto à idade dos falhamentos noroeste, pela presença de sedimentos pré-cambrianos na fossa descrita anteriormente (a oeste do Complexo Granítico Jaguari-Lavras do Sul) pode-se presumir que são pré-Maricã, no mínimo Pré-Cambriano superior. Pela presença de diques de diabásio nestes fraturamentos tracionais, verificou-se que estas falhas também foram ativas no Cretáceo superior.

Todos estes falhamentos que representam os picos nordeste, noroeste e norte-sul sofreram, em geral, diversas reativações durante sua história, comprovadas pela presença de diversas fases de brechações e cimentações sucessivas ao longo dos seus planos de falhas, assim como pela continuidade de alguns destes falhamentos em rochas gonduânicas, como é o caso, por exemplo, de uma falha que passa pela mina de carvão do Leão (a nordeste, além da área estudada), cuja reativação propiciou, segundo Tessari em 1965 (Tessari e Picada, 1966), uma pequena movimentação em sentido contrário à sofrida nos tempos pré-gonduânicos.

Entretanto Picada (1971, p. 183) afirmou que "destas reativações duas são claramente comprovadas: a primeira, na época das falhas de rasgamento do Sistema Passo do Marinheiro; a segunda, posterior ao Permo-Carbonífero quando originou-se a Falha Leão".

Deve-se frisar que durante estas várias reativações ocorridas no decorrer dos tempos geológicos, além de reativações de falhas antigas ou preexistentes, surgiram diversas outras novas falhas com variadas orientações e idades.

5.3 - QUANTO ÀS OCORRÊNCIAS CUPRÍFERAS

Devido às restritas dimensões das ocorrências e/ou jazidas cupríferas da área estudada, em face da resolução do sensor MSS-LANDSAT, não foi possível um real estudo das características apresentadas por elas. Assim sendo, procurou-se relacionar a localização destas ocorrências em função dos aspectos estruturais e lito-estratigráficos, de uma maneira geral.

Numa observação do mapa de lineamentos e de ocorrências de cobre (Apêndice B), verificou-se de imediato (pela localização aproximada das diversas ocorrências cupríferas) o intrínseco relacionamento existente entre as ocorrências e os falhamentos nordeste regionais. Esta observação foi assinalada por diversos pesquisadores que estudaram parcial ou totalmente estas ocorrências (Ribeiro, 1978; Ribeiro, 1970; Ribeiro et alii, 1966; Bocchi, 1970; Bettencourt, 1972; e ou tros).

Das 63 ocorrências de cobre assinaladas e sumariamente descritas na Seção 3.4, cerca de 40% foram enquadradas no grupo ligado aos falhamentos nordeste (Seção 3.4.3). Estas ocorrências são normalmente encontradas nos entrecruzamentos de falhas regionais nordeste com as noroeste de pequenas extensões (por exemplo, as ocorrências Mertório R. de Freitas, Mangueirão, Picada Grande, Iruburu Félix, Bom Jardim e outros) e constituem filões, veios e filonetes frequentemente as sociadas a zonas brechadas. Têm-se ainda diversas outras ocorrências observadas na forma de disseminações em zonas de falhas noroeste, estas secundárias dos falhamentos regionais nordeste (Santa Bárbara, Cerro Verde, Primavera).

Numa análise da distribuição das ocorrências assinaladas no Apêndice B, verificou-se que a grande maioria delas estão localizadas em zonas próximas aos falhamentos com orientações próximas a N-S (enquadradas no Sistema de Falhas Passo do Marinheiro). Observações descritas anteriormente assinalaram que estas falhas N-S são caracterizadas como transcorrentes, com as consequentes zonas brechadas ao longo das discontinuidades. Estas zonas brechadas foram áreas propícias à mineralização cuprífera, como é demonstrado por diversas ocorrências (Passo dos Enforcados, Andradas, Cerro dos Martins, Passo dos Carajás).

Como pode ser observado nas descrições das ocorrências cupríferas (Seção 3.4), a maior frequência de mineralização concentrou-se em filões, veios ou filonetes orientados para o quadrante noroeste, frequentemente ao longo de falhamentos com intervalos de N30-60W. Estes falhamentos noroeste, como discutidos anteriormente (Seção 5.2), são secundários aos falhamentos regionais nordeste, e muito possivelmente consequentes de uma fase de distensão noroeste de alto ângulo.

Naturalmente, além do controle estrutural, os tipos de controles estratigráfico e litológico da mineralização tiveram a sua parcela de contribuição, como pôde ser verificado na Seção 3.4. Por exemplo, no caso das Minas do Camaquã, Bettencourt (1972) concluiu que:

- a) todos os filões da mina seguem falhas normais noroeste, além de conter também mineralizações primárias em juntas penadas e brechas associadas às falhas principais;
- b) os depósitos filonares localizam-se em arenitos (Membro Mangueirão) e conglomerados (Membro Vargas); entretanto, as concentrações de minério de grande porte localizam-se nos conglomerados.

Verificou-se ainda que existem outras ocorrências de co
bre, relacionadas ou próximas a falhamentos enquadrados nos sistemas
Açotéia-Piquiri (Mangueirão, Mertório R. de Freitas, Cerro da Angéli
ca, Piquiri Sul, Piquiri Norte, Passo dos Enforcados) e Dorsal de Can
gussu (Mariana Lopes, Severo Colares, Maroca, Encruzilhada, Salsinho,
Cerro da Árvore, Silveira).

Quanto à idade limite para o posicionamento das minerali
zações cupríferas da área estudada, Ribeiro (1978) assinalou serem
"pré-Guaritas" e, possivelmente, "pré-Santa Bárbara". Os dados e obser
vações coletadas por este autor permitiram concluir que os indícios cu
príferos da maioria das ocorrências assinaladas neste trabalho "são
contemporâneos da última reativação importante do sistema Cerro da Vi
gia", ou seja, dos falhamentos noroeste.

Como foi assinalado no início desta seção, o estudo de
regiões mineralizadas por cobre do Escudo Sul-riograndense, através de
imagens multiespectrais do satélite LANDSAT, possibilitou somente rela
cionar a localização das ocorrências em função dos aspectos estrutu
rais e lito-estratigráficos, procurando-se discutir genericamente os
principais controles da mineralização, baseados em trabalhos preexis
tentes e em informações obtidas com a análise destas imagens.

Da análise daquelas áreas ampliadas e com alguns proces
samentos automáticos (Seção 4.3), realizados no I-100, de regiões mine
ralizadas, verificou-se um refinamento nas linhas de contato entre uni
dades lito-estratigráficas e nos traçados das feições estruturais prin
cipais, assim como a identificação de inúmeras outras feições estrutu
rais de pequena extensão.

Procurou-se analisar estas regiões ampliadas, numa tenta
tiva de verificar as possíveis características diferenciais entre zo
nas mineralizadas e não-mineralizadas, tais como: zonas de alteração e
de influência, halos mineralizados, etc. No entanto, analisando-se,
por exemplo, a região das Minas do Camaquã, justificada pelo grande vo

lume de informações acumuladas pelos sucessivos trabalhos realizados, verificou-se, infelizmente, que estas possíveis características diferenciais não foram observadas e/ou realçadas (com a aplicação de diversos programas e de diversas combinações de diferentes filtros). Em todas as composições coloridas obtidas no I-100, esta zona mineralizada das Minas do Camaquã foi "mascarada", espectralmente, pela influência da vila operária, localizada próxima das áreas de exploração mineira (minas São Luiz e Uruguai).

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES

Em vista da presença, na totalidade da área estudada, de formações campestres ("Campos da Campanha Gaúcha") ligadas a uma topografia suave a coliniforme, verificou-se a grande aplicabilidade do uso de imagens multiespectrais LANDSAT, visto que a influência desta vegetação foi relativamente pequena se comparada com áreas de vegetação constituída por espécies de porte arbóreo e/ou arbustivo.

O método de trabalho utilizado foi baseado numa sequência tradicional em seus aspectos gerais, diferindo em alguns detalhes, principalmente naqueles relacionados às imagens MSS-LANDSAT. Portanto, a interpretação visual de imagens consistiu basicamente na identificação e análise dos diferentes padrões tonais e texturais, em cada banda espectral. Assim sendo, como já verificado em outros trabalhos com imagens multiespectrais, verificou-se que os canais 5, 6 e 7 foram os mais utilizados, destacando-se no presente trabalho a maior contribuição do canal 6, além das composições coloridas infravermelhas falsacor.

Fotogeologicamente constatou-se que, dentre as tonalidades extremas identificadas através do canal 6, as unidades correspondentes ao Grupo Porongos apresentaram-se com uma tonalidade de cinza escuro (principalmente na porção oriental da área estudada) e a Formação Maricã e Membro Mangueirão da Formação Arroio dos Nobres, com tonalidade de cinza claro. Apesar de a Formação Maricã e o Membro Mangueirão terem-se apresentado com a mesma tonalidade de cinza, foram diferenciados entre si pelas suas texturas, ou seja, aquela apresentou-se com uma textura relativa fracamente rugosa e este, com uma textura relativamente lisa. A presente qualificação de textura relaciona-se principalmente à impressão visual da rugosidade ou uniformidade apresentadas pelos alvos da superfície imageada.

Em relação às unidades estratigráficas individualizadas no presente trabalho, pode-se afirmar que, de uma maneira geral, quase todas as unidades foram reconhecidas e identificadas com relativa facilidade, através de imagens MSS-LANDSAT; aquelas áreas fotogeologicamente problemáticas foram sanadas através de imagens ampliadas para a escala de 1:250.000 e/ou com as informações obtidas em campo. Citam-se as dificuldades encontradas no reconhecimento das unidades constituintes do Grupo Passa Dois, visto que, mesmo em campo, encontrou-se uma relativa dificuldade na caracterização do próprio contato entre as unidades deste grupo, devido à ausência de bons afloramentos, ao longo dos diversos perfis realizados na etapa de campo. Outro caso de problema encontrado foi a individualização fotogeológica dos diversos corpos graníticos, enquadrados neste trabalho no Complexo Granítico Dom Feliciano.

Contraste marcante foi verificado na densidade dos traços de fraturamentos extraídos de imagens MSS-LANDSAT e representados nos mapas geológico (Apêndice A) e de lineamentos e de ocorrências cupríferas (Apêndice B), destacando-se aqueles orientados para o quadrante noroeste. Este marcante contraste na densidade de fraturamentos (falhas e lineamentos) foi o resultado do uso de imagens multiespectrais do satélite LANDSAT, visto que estas imagens, especialmente os canais 6 e 7 (região do infravermelho próximo), registram e destacam as continuidades existentes no terreno.

Assim como demonstraram Ramos (1977) e Offield et alii (1977), a utilização de imagens MSS-LANDSAT para a análise de feições estruturais mostrou-se muito vantajosa e eficiente, visto que, de uma maneira geral, todos os falhamentos regionais conhecidos e orientados para o quadrante NE foram reconhecidos com relativa facilidade, inclusive com a identificação de outros novos falhamentos e/ou prolongamentos dos anteriormente conhecidos, como, por exemplo, a extensa zona de falhas (Falha Aberta dos Cerros) representada no campo por uma sequência paralela de ultramilonitos que faz o contato entre os metamorfitos do Grupo Porongos e as rochas sedimentares do Grupo Camaquã.

Esta zona de falhas nordeste (Aberta dos Cerros) possivelmente correspondeu a antigas falhas pré-Brasilianas, com deslocamentos horizontais (regime de compressão da Faixa de Dobramento Tijuca), e posteriormente sofreu reativações em épocas pré-Camaquã (Ciclo Brasileiro), com movimentos predominantemente verticais e/ou com componentes oblíquos (regime de distensão). Consequentemente limitou a sedimentação do Grupo Camaquã numa possível bacia intermontana, caracterizando o estágio de transição (Almeida, 1969) na diferenciação tectônica da Plataforma Brasileira.

De outro lado, excelente destaque ocorreu com os inúmeros falhamentos orientados para noroeste, podendo-se estimar um acréscimo pelo menos duas vezes maior que o existente em trabalhos anteriores. São falhas e/ou possíveis falhas, relativamente pouco extensas, exceto aquelas anteriormente descritas ou existentes na literatura geológica da área, tais como as falhas do Cambarã, Suspiro-Linhares, do Jaguarzinho, da Felicidade (localizadas a oeste e sul do Complexo Granítico Jaguari-Lavras do Sul).

Estas feições estruturais ocorreram preferencialmente em rochas constituintes do chamado Escudo Sul-riograndense, podendo-se até delimitar, a grosso modo, o escudo da Depressão Periférica, em função da densidade dos traços destas feições estruturais.

Da análise dos diagramas de frequência semi-circular dos dados de fraturamentos (falhas e lineamentos) da área estudada, verificou-se a existência de picos (modas principal e secundária) que foram agrupados segundo suas orientações em:

- 1) Picos nordeste (N20-30E, N25-35E, N45-50E, N50-60E e N55-65E), os quais foram agrupados nos sistemas de falhas Açotéia-Piquiri (os dois primeiros intervalos) e Dorsal de Cangussu. Os intervalos enquadrados no Sistema de Falhas Dorsal de Cangussu corresponderam a antigas falhas transcorrentes pré-cambrianas, de idade pré-Porongos, porém reativadas durante o Ciclo Brasi

liano e no período cretácico, apresentando-se algumas delas com característicos deslocamentos horizontais (por exemplo, a Falha Cerro da Cria). Aqueles intervalos enquadrados no Sistema de Falhas Açotéia-Piquiri foram representados por falhas controladoras da deposição de sedimentos dos grupos Bom Jardim e Camaquã, indicando também ser possíveis condutores de intrusões andesíticas e riolíticas das formações Acampamento Velho e Hilário; foram os responsáveis pela formação de bacias intermontanas, possivelmente após a fase de Dobramentos Porongos e durante o processo de soerguimento da cadeia de montanhas.

- 2) Picos norte-sul (N10-20E e N5-15W), enquadrados no Sistema de Falhas Passo do Marinheiro, que segundo Picada (1971) se originaram do final da Orogênese Porongos, possivelmente contemporâneos ou de épocas próxima aos falhamentos do Sistema Açotéia-Piquiri ou, mais especificamente, contemporâneos à fase de mudança dos regimes de esforços de compressão para os de distensão.
- 3) Picos noroeste (N35-45W e N40-45W), que corresponderam principalmente àqueles fraturamentos classificados como lineamentos (traços normalmente retilíneos, identificados difusamente em imagens), falhas inferidas e, subordinadamente, falhas. Estes fraturamentos noroeste frequentemente hospedaram diques de riolito (observados com grande frequência no Granito Arroio dos Ladrões) e/ou de diabásio.

Das 63 ocorrências e/ou jazidas cupríferas existentes na área estudada, cerca de 40% foram enquadradas no grupo ligado aos falhamentos regionais nordeste, ou seja, foram encontrados nos entrecruzamentos de falhas nordeste com as noroeste de pequenas extensões e constituíram filões, veios e filonetes, frequentemente associados a zonas brechadas.

Devido às restritas dimensões das ocorrências e/ou jazidas cupríferas, o estudo destas regiões mineralizadas do Escudo Sul-riograndense, através de imagens MSS-LANDSAT, possibilitou apenas relacionar a localização das ocorrências em função dos aspectos estruturais e lito-estratigráficos. Assim sendo, processaram-se no I-100 ampliações (1:100.000) das regiões de Lavras do Sul, Minas do Camaquã e Passo do Marinheiro, para observar as possíveis características diferenciais entre zonas mineralizadas e não-mineralizadas, tais como: zona de alteração e de influência, halos mineralizados, etc. No entanto, analisando-se, por exemplo, a região das Minas do Camaquã, verificou-se, infelizmente, que estas possíveis características diferenciais não foram observadas e/ou realçadas como era de se esperar, pois esta zona mineralizada das Minas do Camaquã foi "mascarada" espectralmente pela influência da vila operária, localizada próxima das áreas de exploração mineira (minas São Luiz e Uruguai).

No entanto deve-se salientar que, em relação às unidades estratigráficas individualizadas nestas três regiões mineralizadas, a foto 09-13 (composição colorida infravermelha falsa-cor entre os canais 4 com filtro azul, 5 com filtro verde e 7 com filtro vermelho) possibilitou a individualização de 4 dentre as 7 unidades estratigráficas existentes na região de Lavras do Sul; na região das Minas do Camaquã a foto 03-05 (composição colorida combinando-se a 1ª componente principal com o filtro azul, a 3ª componente com o filtro verde e a 4ª componente com o filtro vermelho) possibilitou a individualização de 6 dentre as 7 unidades estratigráficas; e que a foto 07-13 (composição colorida infravermelha falsa-cor entre os canais 5 com filtro verde e o 6 com filtros azul e vermelho) possibilitou a individualização de 6 dentre as 9 unidades estratigráficas existentes na região do Passo do Marinheiro.

De uma maneira geral, as imagens MSS-LANDSAT aplicadas neste estudo demonstraram diversas vantagens devido ao seu caráter multiespectral (o canal 6 e as composições coloridas forneceram maiores informações) e a sua visão sinóptica (aproximadamente 35.000 km² de área imageada).

Finalizando este estudo, pôde-se concluir que, mesmo em áreas geológicas suficientemente conhecidas, como é o caso da área estudada, a utilização de imagens MSS-LANDSAT mostrou-se, em geral, eficiente e possível de contribuição ao conhecimento geológico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M. de Diferenciação tectônica da Plataforma Brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 23., Salvador, 1969. Anais. Salvador, Sociedade Brasileira de Geologia, 1969, p. 29-46.
- _____. *Origem e evolução da Plataforma Brasileira*. Rio de Janeiro, DNPM, Divisão de Geologia e Mineralogia, 1967. (Boletim, 241).
- ALONSO, M.T.A. Vegetação. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Geografia do Brasil: Região Sul*. Rio de Janeiro, 1977. v. 5, p. 81-109.
- ALVIM, P.A. Algumas minas do Rio Grande do Sul. *Mineração e Metalurgia*, 4(19):7-14, maio/jun. 1939.
- AMARAL, G. Aplicações de sensoriamento remoto em geologia. In: INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS. Departamento de Sensoriamento Remoto (INPE/DSR). *Curso de treinamento; introdução às técnicas de sensoriamento remoto e aplicações*. São José dos Campos, ago. 1980. cap. 12. (INPE-1869-MD/004).
- AMARAL, G.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K.; REYNOLDS, J.H. Potassium-Argon dates of basaltic rocks from Southern Brazil. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 30(2):159-189, 1966.
- AZEVEDO, J.G. de Cobre no Seival, Rio Grande do Sul. *Mineração e Metalurgia*, 6(32):72-78, jul./ago. 1941.
- BARBOSA, A.F. *Alguns aspectos da mineralização de cobre e da pesquisa das jazidas do Seival, Estado do Rio Grande do Sul*. Tese de Cadeira em Jazidas Mineraias, Legislação de Minas. São Paulo, USP, 1958.
- BARBOSA, A.F.; CONSTANTINO, W. A mineralização de cobre de Volta Grande e sua relação com o granito Lavras, Estado do Rio Grande do Sul. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, 10(1):39-47, maio 1961.

BECKEL, J.; GONZALES FILHO, F.; MACEDO, P.M. de; SANTOS, E.L. dos; CHABAN, N. Ocorrência de cobre nativo em fanglomerado Eo-Paleozóico no município de Caçapava do Sul - RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., Recife, 1978. Anais. Recife, Sociedade Brasileira de Geologia, 1978, v. 4, p. 1406-1418.

BETTENCOURT, J.S. *A mina de cobre de Camaquã, Rio Grande do Sul*. Tese de Doutorado. São Paulo, USP, 1972.

_____ Mineralogie, inclusions fluides et isotope stables d'oxygène et de soufre de la mine de cuivre de Camaquã, RS: une étude préliminaire. Apresentado no Congresso Brasileiro de Geologia, 29., Ouro Preto, 1978.

BETTENCOURT, J.S.; DAMASCENO, E.C. Análise tectônica e controles de mineralização no distrito cuprífero de Camaquã, RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., Porto Alegre, 1974. Anais. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Geologia, 1974, v. 4, p. 85-106.

BOCCHI, P.R. *Geologia da Folha de Caçapava do Sul*. Rio de Janeiro, DNPM, Divisão de Geologia e Mineralogia, 1970. (Boletim, 245).

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral (MME/DNPM). *Avaliação regional do setor mineral: Rio Grande do Sul*. Brasília, 1975. (Boletim, 42).

_____ *Contribuição do Departamento Nacional da Produção Mineral no desenvolvimento geo-econômico do Rio Grande do Sul e Santa Catarina: documento básico*. Rio de Janeiro, 1969. (Publicação Especial, 8).

CÂMARA NETO, G.; ARAUJO, E.O.; MASCARENHAS, N.D.A.; SOUZA, R.C.M. de *Realce visual de imagens de recursos naturais: aplicação em geologia*. São José dos Campos, INPE, dez. 1980. 53 p. (INPE-1952-RPE/267). Apresentado na 32ª Reunião Anual da SBPC, Rio de Janeiro, de 6 a 12 jul. 1980.

- CARRARO, C.C.; GAMERMANN, N.; EICK, N.C.; BORTOLUZZI, C.A.; JOST, H.; PINTO, J.F. Mapa geológico do Estado do Rio Grande do Sul. Escala 1:1.000.000. *Mapa do Instituto de Geociências da UFRGS*, Nº 8, out. 1974.
- CARVALHO, P.F. de Cobre. In: _____ *Recursos minerais do Estado do Rio Grande do Sul*. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura. Serviço Geológico e Mineralógico, 1937. p. 18-26. (Boletim, 72).
- _____. *Reconhecimento geológico no Estado do Rio Grande do Sul*. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura. Serviço Geológico e Mineralógico, 1932. (Boletim, 66).
- CORDANI, U.G.; HALPERN, M.; BERENHOLC, M. Comentários sobre as determinações geocronológicas da Folha Porto Alegre. In: WILLIG, C.D.; VALENTINI, N.; CONTE, C.N.; ZIR FILHO, J.A.; MÓNACO, O.A. *Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo: Folha Porto Alegre (SH.22) e Folha Lagoa Mirim (SI.22)*. Brasília, Ministério das Minas e Energia, DNPM, 1974. p. 70-84.
- COSTA FILHO, J.H. da *Prospecção das minas de cobre de Camaquã*, Rio Grande do Sul. Rio de Janeiro, DNPM, Divisão de Fomento da Produção Mineral, 1944. (Boletim, 59).
- ENGLERT, L. Minérios de cobre do Rio Grande do Sul. *Egatea*, 13(3): 198-202, 280-284, 445-449; 14(4/5):210-213; 15(1/2):34-39; (3):136-139; (5):312-315, 1928-1930.
- FAVILLA, C.A.C.; RHEINHEIMER, D. *Projeto Sondagens Exploratórias na Área de Camaquã; 2. etapa: relatório final*. Convênio DNPM/CPRM. Porto Alegre, CPRM, 1978.
- FIGUEIREDO FILHO, P.M. de; BORTOLUZZI, C.A. *Léxico estratigráfico do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, UFRGS. Instituto de Geociências, 1975. (Pesquisas, 6).
- FRANCO, R.R. *A faixa estanífera do Rio Grande do Sul*. São Paulo, USP. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, 1944. (Mineralogia, 6).

- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Geografia do Brasil: Região Sul*. Rio de Janeiro, 1977. v. 5.
- GAMERMANN, N. *Formação Rosário do Sul*. Porto Alegre, UFRGS. Instituto de Geociências, 1973. p. 5-35. (Pesquisas, 2).
- GAVRONSKI, E.F. Prospecção e programas de pesquisa de cobre no Rio Grande do Sul. In: SEMANA DE DEBATES GEOLÓGICOS, 1., Porto Alegre, 1965. Porto Alegre, CAEG, 1965, p. 72-86.
- GOÑI, J.C.; GOSO, H.; ISSLER, R.S. *Estratigrafia e geologia econômica do Pré-Cambriano e Eo-Paleozóico uruguaio e sul-riograndense*. Porto Alegre, UFRGS, Escola de Geologia, 1962. (Aviso, 3).
- GORDON JUNIOR, M. *Classificação das formações gondwânicas do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul*. Rio de Janeiro, DNPM, Divisão de Geologia e Mineralogia, 1947. (Notas Preliminares e Estudos, 38).
- HASUI, Y.; ALMEIDA, F.F.M. de; BRITO NEVES, B.B. de As estruturas brasileiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., Recife, 1978. Anais. Recife, Sociedade Brasileira de Geologia, 1978, v. 6, p. 2423-2437.
- HASUI, Y.; CARNEIRO, C.D.R.; COIMBRA, A.M. The Ribeira Folded Belt. *Revista Brasileira de Geociências*, 5(4):257-266, dez. 1975.
- JOST, H. Complexos básico-ultrabásicos do alto rio Vacacaí. *Notas e Estudos da Escola de Geologia da UFRGS*, 1(2):55-61, dez. 1966.
- _____. *Esbôço geológico da Folha "Cabeceiras do Rio Vacacaí", São Gabriel, R.G.S.*. Porto Alegre, UFRGS, Escola de Geologia, 1970. (Boletim, 16).
- JOST, H.; PINTO, J.F. *Geologia da Folha Suspiro, Rio Grande do Sul, Brasil*. Porto Alegre, UFRGS, Escola de Geologia, 1970. p. 27-54. (Boletim, 17).
- JOST, H.; VILLWOCK, J.A. Contribuição à estratigrafia do Pré-Cambriano do Rio Grande do Sul. *Notas e Estudos da Escola de Geologia da UFRGS*, 1(1):13-26, jun. 1966.

- KANEKO, T. Color composite picture from principal axis components of MSS data. *IBM Journal of Research & Development*, 22(4): 386-392, July 1978.
- KNIJNIK, P.R. *Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo: Folha Uruguiana (SH.21)*. Brasília, Ministério das Minas e Energia, DNPM, 1974.
- KNIJNIK, P.R.; POZZA, E.V. *Geologia da área Bajé-São Gabriel, Rio Grande do Sul*. Convênio DNPM/CPRM. Porto Alegre, CPRM, 1971.
- LEINZ, V. O distrito cuprífero do Rio Grande do Sul. *Mineração e Metalurgia*, 15(89):209-210, jan./fev. 1951.
- _____. *Geologia da área mineralizada de estanho e tungstênio no Estado do Rio Grande do Sul*. Rio de Janeiro, DNPM, Divisão de Fomento da Produção Mineral, 1945. p. 13-46. (Boletim, 70).
- _____. Teores em ouro e prata no minério de cobre de Camaquã e Seival, município de Caçapava, Rio Grande do Sul. *Mineração e Metalurgia*, 10(60):285-286, maio/jun. 1946.
- LEINZ, V.; ALMEIDA, S.C. de *Gênese da jazida de cobre "Camaquã", município de Caçapava, Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Secretaria de Estado dos Negócios da Agricultura, Indústria e Comércio. Diretoria da Produção Mineral, 1941. (Boletim, 88).
- LEINZ, V.; BARBOSA, A.F. A jazida de cobre "Cerro dos Martins", Caçapava, Rio Grande do Sul: sua geologia, mineralização e prospecção. *Mineração e Metalurgia*, 5(30):252-258, mar./abr. 1941.
- LEINZ, V.; PINAGEL, H. *Estanho e tungstênio no Rio Grande do Sul*. Rio de Janeiro, DNPM, Divisão de Fomento da Produção Mineral, 1945. (Boletim, 70).
- LEINZ, V.; BARBOSA, A.F.; TEIXEIRA, E.A. *Mapa geológico Caçapava-Lavras*. Porto Alegre, Secretaria de Estado dos Negócios da Agricultura, Indústria e Comércio. Diretoria da Produção Mineral, 1941. (Boletim, 90).

- LEONARDOS, O.H. *Cobre no Brasil e no estrangeiro*. Rio de Janeiro, DNPM, Divisão de Fomento da Produção Mineral, 1956. (Avulso, 79).
- MARTINELLI, J.A.; NOGUEIRA FILHO, J. do V. Prospecção geoquímica de cobre no Rio Grande do Sul. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, 8(1):5-15, maio 1959.
- MATTOS, I. de; LEONARDOS, O.H.; LEINZ, V.; PASSOS, N. O problema brasileiro do cobre. *Mineração e Metalurgia*, 12(70):143-147, out./dez. 1947.
- MELCHER, G.C.; MAU, H. Novas observações geológicas na região de Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 32(1):43-50, 1960.
- MENDES, J.C. Problemas paleogeográficos e estratigráficos do Grupo Turbarão (Carbonífero superior). *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, 11(2):71-74, 1962.
- MINIOLI, B.; KAWASHITA, K. Contribuição à estratigrafia do Eo-Paleozóico do "Escudo Riograndense". In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25., São Paulo, 1971. *Anais*. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, 1971, v. 1, p. 193-198.
- NIMER, E. Clima. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Geografia do Brasil: Região Sul*. Rio de Janeiro, 1977. v. 5, p. 35-79.
- OFFIELD, T.W.; ABBOTT, E.A.; GILLESPIE, A.R.; LOGUERCIO, S.O. Structure mapping on enhanced LANDSAT images of Southern Brazil: tectonic control of mineralization and speculations on metallogeny. *Geophysics*, 42(3):482-500, Apr. 1977.
- OHARA, T. *Dados de campo observados no caminhamento geológico realizado na região centro-oeste do Escudo Sul-riograndense*. São José dos Campos, INPE. Inédito.
- OLIVEIRA, A.I. de História da mineração do cobre no Rio Grande do Sul. *Mineração e Metalurgia*, 7(41):265-270, nov./dez. 1943.

- OLIVEIRA, G.M. de A. coord. Gênese e reservas dos depósitos de rochas carbonatadas, de cobre, de estanho e de argilas do Estado do Rio Grande do Sul. In: PRIMEIRO ENCONTRO DE GEÓLOGOS, Porto Alegre, 1966. Anais. Porto Alegre, UFRGS. Escola de Geologia, 1966, p. 167-265.
- PASSOS, N. Prospecção de minério de cobre no Rio Grande do Sul em 1945. *Mineração e Metalurgia*, 12(67):44-45, mar./maio 1947.
- PASSOS, N.; GAVRONSKI, E.F.; AZEVEDO, J.G. de Prospecção das ocorrências de cobre no município de Caçapava do Sul, RS. *Engenharia, Mineração e Metalurgia*, 32(189):151-157, set.; (190):221-224, out. 1960.
- PICADA, R.S. Berilo em pegmatitos de Encruzilhada do Sul (R.G.S.). *Notas e Estudos da Escola de Geologia da UFRGS*, 1(1):45-56, jun. 1966.
- _____ Ensaio sobre a tectônica do Escudo Sul Riograndense: caracterização dos sistemas de falhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25., São Paulo, 1971. Anais. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, 1971, v. 1, p. 167-191.
- _____ *Ocorrência de migmatitos, granitos e gnaiss controlados por fraturas regionais, Encruzilhada do Sul, R.G.S.*. Porto Alegre, UFRGS. Escola de Geologia, 1965. (Boletim, 14).
- PICADA, R.S.; TESSARI, R.I. *Geologia da Folha de Pinheiro, Encruzilhada do Sul, R.G.S.: nota explicativa*. Porto Alegre, UFRGS. Escola de Geologia, 1970. (Boletim, 15).
- PUTZER, H. *Camadas de carvão mineral e seu comportamento no sul de Santa Catarina*. Rio de Janeiro, DNPM, Divisão de Fomento da Produção Mineral, 1952. (Boletim, 91).
- RAMOS, V.A. Basement tectonics from LANDSAT imagery in mining exploration. *Geologie en Mijnbouw*, 56(3):243-252, 1977.
- RIBEIRO, M. *Geologia da Folha de Bom Jardim, Rio Grande do Sul, Brasil*. Rio de Janeiro, DNPM, Divisão de Geologia e Mineralogia, 1970. (Boletim, 247).

- ____ *Mapa geológico da quadrícula de Piratini. Escala 1:50.000. Porto Alegre, Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, 1977. (Publicações Avulsas FZB, 2).*
- ____ *Sobre um padrão orogênico evidenciado no Escudo Sul Riograndense: nota prévia. Iheringia; Série Geologia, N° 3, p. 101-108, out. 1970a.*
- RIBEIRO, M.; CARRARO, C.C. Geotectonic map of the Caçapava do Sul region, RS - Brazil. scale 1:100,000. *Mapa do Instituto de Geociências da UFRGS, N° 1, set. 1971.*
- RIBEIRO, M.; FANTINEL, L.M. Associações petrotectônicas do Escudo Sul-Riograndense: I. tabulação e distribuição das associações petrotectônicas do Escudo do Rio Grande do Sul. *Iheringia; Série Geologia, N° 5, p. 19-54, fev. 1978.*
- RIBEIRO, M.; LICHTENBERG, E. Síntese da geologia do Escudo do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., Recife, 1978. *Anais. Recife, Sociedade Brasileira de Geologia, 1978, v. 6, p. 2451-2463.*
- RIBEIRO, M.; BOCCHI, P.R.; FIGUEIREDO FILHO, P.M. de; TESSARI, R.I. *Geologia da quadrícula de Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil. Rio de Janeiro, DNPM, Divisão de Fomento da Produção Mineral, 1966. (Boletim, 127).*
- RIBEIRO, M.J. Granitos metamórficos em São Sepê, Rio Grande do Sul. *Anais da Academia Brasileira de Ciências, 37(3/4):477-481, 1965.*
- ____ *Mapa provisional do cobre no Escudo Sul Riograndense: nota explicativa. Brasília, Ministério das Minas e Energia, DNPM, 1978. (Geologia Econômica, 1).*
- ROBERTSON, J.F. Revision of the stratigraphy and nomenclature of rock units in the Caçapava-Lavras region, state of Rio Grande do Sul, Brazil. *Notas e Estudos da Escola de Geologia da UFRGS, 1(2):41-54, dez. 1966.*

- ROCHA-CAMPOS, A.C. Tubarão Group. In: BIGARELLA, J.J.; BECKER, R.D.; PINTO, I.D. ed. *Problems in Brazilian Gondwana geology*. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 1967. p. 27-95.
- SANTISTEBAN, A.; MUÑOZ, L. Principal components of a MSS image: application to a geological problem. *IBM Journal of Research & Development*, 22(5):444-454, Sept. 1978.
- SANTOS, E.L. dos; BECKEL, J.; MACEDO, P.M. de; GONZALES FILHO, F.; CHABAN, N. Divisão litoestratigráfica do Eo-Cambriano - Pré-Cambriano superior do Escudo Sul Riograndense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., Recife, 1978. *Anais*. Recife, Sociedade Brasileira de Geologia, 1978, v. 2, p. 670-684.
- SANTOS, J.F. dos; CHABAN, N. Concentrações de cobre sedimentar do tipo "red-bed" em Caçapava do Sul (RS). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., Recife, 1978. *Anais*. Recife, Sociedade Brasileira de Geologia, 1978, v. 6, p. 2562-2575.
- SARTORI, P.L.P. *Petrologia do Complexo Granítico de São Sepé, RS: modelo evolucionar de granitos do Sul do Brasil*, Tese de Doutorado. São Paulo, USP, 1978.
- SENA SOBRINHO, M. *Geologia e recursos minerais do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Secretaria dos Negócios da Agricultura, Indústria e Comércio. Diretoria da Produção Mineral, 1963.
- _____. *Mapa mineiro-geológico do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Secretaria dos Negócios da Agricultura, Indústria e Comércio. Diretoria da Produção Mineral, 1958.
- SOUZA, G.F.S. de; SOUZA, W.O. de; SILVA, U.R. da. Descobrimto da mina de cobre do Camaquã, no Rio Grande do Sul, completa um centenário. *Mineração e Metalurgia*, 36(330):40-42, 1972.
- SZUBERT, E.C.; KIRCHNER, C.A.; GRAZIA, C.A.; ANDRIOTTI, J.L.S.; SHINTAKU, I. Cobre em associações ofiolíticas do bordo ocidental do Escudo Sul Riograndense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., Recife, 1978. *Anais*. Recife, Sociedade Brasileira de Geologia, 1978, v. 4, p. 1622-1632.

- _____. *Projeto Cobre nos corpos básico-ultrabásicos e efusivas do Rio Grande do Sul; relatório final da 2ª fase. Convênio DNPM/CPRM. Porto Alegre, CPRM, 1977.*
- TEIXEIRA, E.A. Cobre no Rio Grande do Sul. *Mineração e Metalurgia*, 1(6):276-280, mar./abr.; 2(7):59-62, maio/jun.; (8):111-115, jul./ago. 1937.
- _____. *A mina de cobre de Camaquã, Rio Grande do Sul. Rio de Janeiro, DNPM, Divisão de Fomento da Produção Mineral, 1941. (Boletim, 49).*
- TEIXEIRA, G.; GONZALES, A.P.; GONZALES, M.A.; LICHT, O.A.B. Situação das Minas do Camaquã, Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., Recife, 1978. *Anais. Recife, Sociedade Brasileira de Geologia, 1978, v. 4, p. 1893-1905.*
- TESSARI, R.I.; GIFFONI, L.E. *Geologia da região Piratini-Pinheiro Machado-Bagé, Rio Grande do Sul. Rio de Janeiro, DNPM, Divisão de Geologia e Mineralogia, 1970. (Boletim, 246).*
- TESSARI, R.I.; PICADA, R.S. *Geologia da quadrícula de Encruzilhada do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil. Rio de Janeiro, DNPM, Divisão de Fomento da Produção Mineral, 1966. (Boletim, 124).*
- WERNICK, E.; PENALVA, F. Contribuição ao conhecimento das rochas granitóides do Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 8(2):113-133, jun. 1978.
- WERNICK, E.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B. de As regiões de dobramentos Nordeste e Sudeste. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., Recife, 1978. *Anais. Recife, Sociedade Brasileira de Geologia, 1978, v. 6, p. 2493-2507.*
- WILLIG, C.D.; VALENTINI, N.; CONTE, C.N.; ZIR FILHO, J.A.; MÔNACO, O.A. *Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo: Folha Porto Alegre (SH.22) e Folha Lagoa Mirim (SI.22). Brasília, Ministério das Minas e Energia, DNPM, 1974.*

APENDICE A

MAPA GEOLÓGICO

APENDICE B

MAPA DE LINEAMENTOS E DE OCORRÊNCIAS DE COBRE

APÉNDICE C

MAPA GEOLÓGICO COMPILADO

APÊNDICE D

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS FOTOGEOLÓGICAS DAS UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS
OBSERVADAS NO CANAL 6 E/OU COMPOSIÇÕES COLORIDAS
DE IMAGENS MSS-LANDSAT

APÊNDICE E

MAPAS RESULTANTES DA ANÁLISE ESTATÍSTICA DO GRUPO DE TODOS OS FRATURAMENTOS (TOTAL)

1. Mapa da distribuição de azimute médio ponderado.
2. Mapa da razão de consistência ponderada.
3. Mapa do desvio padrão ponderado.
4. Mapa da densidade de fraturamento.
5. Mapa da média móvel do azimute ponderado.

APÊNDICE F

MAPAS RESULTANTES DA ANÁLISE ESTATÍSTICA DO
GRUPO DE FALHAS

1. Mapa da distribuição de azimute médio ponderado.
2. Mapa da razão de consistência ponderada.
3. Mapa do desvio padrão ponderado.
4. Mapa da densidade de fraturamento.
5. Mapa da média móvel do azimute ponderado.

APÊNDICE G

MAPAS RESULTANTES DA ANÁLISE ESTATÍSTICA DO
GRUPO DE FALHAS INFERIDAS

1. Mapa da distribuição de azimute médio ponderado.
2. Mapa da razão de consistência ponderada.
3. Mapa do desvio padrão ponderado.
4. Mapa da densidade de fraturamento.
5. Mapa da média móvel do azimute ponderado.

APÊNDICE H

MAPAS RESULTANTES DA ANÁLISE ESTATÍSTICA DO
GRUPO DE LINEAMENTOS

1. Mapa da distribuição de azimute médio ponderado.
2. Mapa da razão de consistência ponderada.
3. Mapa do desvio padrão ponderado.
4. Mapa da densidade de fraturamento.
5. Mapa da média móvel do azimute ponderado.

APENDICE I

MAPAS RESULTANTES DO TRATAMENTO AUTOMÁTICO REALIZADO NO I-100

1. Mapa fotogeológico da região de Layras do Sul.
2. Mapa fotogeológico da região das Minas do Camaquã.
3. Mapa fotogeológico da região do Passo do Marinheiro.