UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

T1629 3

ESTUDO DO RELACIONAMENTO GENÉTICO DE FEIÇÕES
GEOLÓGICAS NA REGIÃO DO ESPINHAÇO MERIDIONAL
E ADJACÊNCIAS (MG).

Marx Prestes Barbosa

Orientador: Prof. Dr. Hans Daniel Schorscher

TESE DE DOUTORAMENTO

Área de Concentração: Geologia Geral e de Aplicação

VOLUME I : Texto

São Paulo
1988

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

ESTUDO DO RELACIONAMENTO GENÉTICO DE FEIÇÕES
GEOLÓGICAS NA REGIÃO DO ESPINHAÇO MERIDIONAL
E ADJACÊNCIAS (MG).

Marx Prestes Barbosa

Orientador: Prof. Dr. Hans Daniel Schorscher

DEDALUS - Acervo - IGC

30900004547

TESE DE DOUTORAMENTO

COMISSÃO EXAMINADORA

	nome
Presidente:	<u>Dr. Johann H.D.Schorscher</u>
Examinadores:	<u>Dr. Peter Hackspacher</u>
	<u>Dr. Ícaro Vitorello</u>
	<u>Dr. Renato Herz</u>
	<u>Dr. Georg R. Sadowski</u>

ass.

J. Hans D. Schorscher

P. Hackspacher

I. Vitorello

R. Herz

G. R. Sadowski

São Paulo

1986

1
B238
MP. e

ERRATAS

Agradecimentos

2º parágrafo; 1ª linha: no lugar de "Athos Ribeiro dos Cantos" leia-se "Athos Ribeiro dos Santos".

Resumo

Pág. i - 1º parágrafo; 2ª linha: no lugar de "adjacencias" leia-se "adjacências".

1º parágrafo; 7ª linha: no lugar de "Supeiros" leia-se "Superior".

2º parágrafo; 6ª linha: no lugar de "objetovo" leia-se "objetivo".

3º parágrafo; 9ª linha: no lugar de "os esforços " leia-se "Os esforços".

Capítulo 1

Pág. 2 - 2º parágrafo; 5ª linha: no lugar de "geológicas" leia-se "geológica".

Pág. 3 - 1º parágrafo; 4ª linha: no lugar de "(SE-23-D)" leia-se "(SE-23-Z-D)".

Pág. 4 - 2º parágrafo; 9ª linha: no lugar de "e" leia-se ",,".

Pág. 5 - Legenda da figura 1.3

- - Localidades

- - Rodovias pavimentadas

- - Rodovias sem pavimentação e estradas municipais

BR - Rodovias Federais MG - Rodovias Estaduais

Pág. 6 - 3º parágrafo; 6ª linha: no lugar de "Sul-americano." leia-se "Sul-americano".

Pág. 6 - 4º parágrafo; 6ª linha: no lugar de "pão de açúcar" leia-se "pão-de-açúcar".

Pág. 11 - 1º parágrafo; 8ª linha: no lugar de "sul-americana" leia-se "Sul-americana".

ERRATAS

Agradecimentos

2º parágrafo; 1ª linha: no lugar de "Athos Ribeiro dos Cantos" leia-se "Athos Ribeiro dos Santos".

Resumo

Pág. i - 1º parágrafo; 2ª linha: no lugar de "adjacências" leia-se "adjacências".

1º parágrafo; 7ª linha: no lugar de "Supeiros" leia-se "Superior".

2º parágrafo; 6ª linha: no lugar de "objetovo" leia-se "objetivo".

3º parágrafo; 9ª linha: no lugar de "os esforços " leia-se "Os esforços".

Capítulo 1

Pág. 2 - 2º parágrafo; 5ª linha: no lugar de "geológicas" leia-se "geológica".

Pág. 3 - 1º parágrafo; 4ª linha: no lugar de "(SE-23-D)" leia-se "(SE-23-Z-D)".

Pág. 4 - 2º parágrafo; 9ª linha: no lugar de "e" leia-se ",".

Pág. 5 - Legenda da figura 1.3

- - Localidades
- - Rodovias pavimentadas
- - Rodovias sem pavimentação e estradas municipais
- BR - Rodovias Federais MG - Rodovias Estaduais

Pág. 6 - 3º parágrafo; 6ª linha: no lugar de "Sul-americano." leia-se "Sul-americano".

Pág. 6 - 4º parágrafo; 6ª linha: no lugar de "pão de açúcar" leia-se "pão-de-açúcar".

Pág. 11 - 1º parágrafo; 8ª linha: no lugar de "sul-americana" leia-se "Sul-americana".

Capítulo 5

- Pág. 55 - 5ª parágrafo; 3ª linha: no lugar de "(e de migmatitos homogêneos)" leia-se "e de migmatitos homogêneos".
- Pág. 65 - 4ª parágrafo; 2ª linha: no lugar de "agalmatolitos (agregados)" leia-se "agalmatolitos, agregados".
- Pág. 68 - 3ª parágrafo; 3ª linha: no lugar de "Minas Gerais é tectônico" leia-se "Minas Gerais são tectônicos".
- Pág. 68 - 4ª parágrafo; 5ª e 6ª linhas: no lugar de "individualizados" leia-se "individualizadas".
- Pág. 69 - 3ª parágrafo; 1ª linha: no lugar de "a NE do Morro" leia-se "a NE de Morro".
- Pág. 70 - 3ª parágrafo; 3ª linha: no lugar de "Rio Picão" leia-se "Rio Piçãõ".
- Pág. 71 - 1ª parágrafo; 4ª linha: no lugar de "ferro e hematita" leia-se "ferro a hematita".
- Pág. 75 - 6ª parágrafo; 3ª linha: no lugar de "Sete Laboas" leia-se "Sete Lagoas".
- Pág. 78 - 5ª parágrafo; 4ª linha: no lugar de "condicionamento supracrustais" leia-se "condicionamento das rochas supracrustais".
- Pág. 104 - 2ª parágrafo; 8ª linha: no lugar de "encontram-se" leia-se "encontra-se".
- Pág. 108 - 2ª parágrafo; 2ª linha: no lugar de "verde" leia-se "verdes".
- Pág. 113 - 4ª parágrafo; 4ª linha: no lugar de "máximos e segundos" leia-se "máximos e segundo".
- Pág. 118 - 2ª parágrafo; 2ª linha: no lugar de "falhamentos de alto ângulo" leia-se "falhamentos de empurrão de alto ângulo".
- Pág. 121 - 8ª linha: no lugar de "Sete Lagoas de Papagaios" leia-se "Sete Lagoas e Papagaios".
- Pág. 122 - 1ª parágrafo; 3ª linha: no lugar de "lançados" leia-se "lançados".
- Pág. 138 - 3ª parágrafo; 3ª linha: no lugar de "esforços (de NE" leia-se "esforços de NE".

A minha esposa Mécia
e ao meu filho Márcio

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. *Hans Daniel Schorscher*, orientador desta tese, pelo seu interesse e pela sua grande ajuda na elucidação dos problemas que surgiram no decorrer deste trabalho.

Ao *Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE*, que deu apoio ao desenvolvimento deste trabalho.

Aos colegas Dr. *Athos Ribeiro dos Cantos*, Dr. *Célio Eustáquio dos Anjos*, Dr. *Edison Crepani*, Dr. *Juércio Tavares de Mattos*, Dr. *Paulo Vene**ziani* e Sr. *Tomoyuki Ohara*, que através de discussões técnicas contribuíram de maneira efetiva para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos colegas Sr. *Guttenberg da Silva Silvino* da Secretaria de Reursos Hídricos do Estado da Paraíba e Sr. *Sérgio Queiroga de Oliveira* da UFPB, alocados no Laboratório de Campina Grande do INPE, pela realização dos trabalhos de desenho.

A Colega Srta. *Célia Regina da Rosa* pela datilografia do texto final.

A minha esposa *Mércia* pelos trabalhos de datilografia e pelo carinho e compreensão durante a execução deste trabalho.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram na execução deste trabalho.

RESUMO

A região que abrange o Quadrilátero Ferrífero, o Espinhaço Meridional e adjacências, mostra uma evolução policíclica e polimetamórfica complexa. As sequências de gnaisses, migmatitos e granulitos do Complexo Migmatito-granulítico de Minas Gerais, as associações típicas de "granite-greenstone belt" dos supergrupos Rio Paraúna e Rio das Velhas e as sequências metassedimentares dos supergrupos Minas, Espinhaço e São Francisco, de idades que variam do Arqueano ao Proterozóico Superior, mostram graus metamórficos crescentes de oeste para leste. O Fanerozóico está representado principalmente por magmatismo basáltico, provavelmente de idade Mesozóica.

O presente trabalho tem como enfoque principal o estudo fotogeológico regional, com base na interpretação de imagens de baixa resolução do satélite americano de recursos naturais LANDSAT e de mosaicos semicontrolados de RADAR do projeto RADAMBRASIL, aliada a dados geológicos (de reconhecimento de campo e bibliográficos) e geofísicos (aeromagnetométricos e aerocintilométricos). O seu principal objetivo é contribuir para o conhecimento da história evolutiva da região do Espinhaço Meridional, Quadrilátero Ferrífero e áreas adjacentes.

Na análise dos dados obtidos da fotointerpretação, do reconhecimento de campo e da bibliografia, foram determinadas seis direções preferenciais de esforço, levando-se em conta que os principais alinhamentos e zonas fortemente estruturadas são reflexos de estruturas maiores em profundidade. Todas estas seis direções preferenciais de esforço estão relacionadas com movimentos diferenciais e rotacionais de blocos, com deslocamento para oeste, com intensidade crescente de norte para sul. Esta movimentação de blocos está relacionada com a diferenciação da intensidade dos esforços. Os esforços a sudeste e a leste foram de valores mais elevados que os a nordeste, provocando, nesta região, o soerguimento das rochas infracrustais, que através de falhas de empurrão foram colocadas em contato com as rochas de mais baixo grau metamórfico. Além disso, em resultado dessa maior intensidade dos esforços a leste e a sudeste, acompanhada de um contínuo soerguimento do embasamento, ocorreu o deslocamento, por deslissamento gravitacional, dos sedimentos Minas, de seu lugar de origem, para as áreas por eles hoje ocupadas, na região do Quadrilátero Ferrífero e Rio Piracicaba. Para esta região o padrão de fratura

mento das rochas do supergrupo Minas é distinto em relação ao seu embasamento autoctone, o que não é verificado na região de Itabira-Morro do Pilar, a leste da serra do Espinhaço, onde o supergrupo Minas tem um padrão congruente com seu embasamento, mostrando assim ocupar uma posição autoctone a para-autoctone de suas rochas.

A análise fotogeológica, aliada a dados de campo e geofísicos, permitiram ainda uma melhor caracterização das principais unidades litoestratigráficas-estruturais, sendo o resultado mais significativo a extensão de maneira contínua para oeste do supergrupo Rio das Velhas desde o Quadrilátero Ferrífero até a região de Pitangui-Pequi.

ABSTRACT

The portion of the State of Minas Gerais, of the Quadrilátero Ferrífero, of the Espinhaço Meridional and the adjacent parts has a complex polycyclic and polymetamorphic evolution. The sequences of gneiss, migmatites and granulites of the Minas Gerais Migmatite-Granulite Complex, The typical granite-greenstone belt associations of the Rio Parauna and Rio das Velhas Supergroups and the metasedimentary sequences of the Minas, Espinhaço and São Francisco Supergroups, with ages ranging from Archean to Late Proterozoic, show metamorphic grades varying from slightly metamorphic rocks in the West to high in the East. There is also basaltic magmatism, which is probably of the Mesozoic age.

The present regional photogeological study is based on the interpretation of low resolution images of the American Satellite of Natural Resources - LANDSAT, and SLAR images of the RADAMBRASIL project, besides geological (field works and literature) and geophysical (aeromagnetic and aerocintilometric) data. The principal aim is to contribute to the knowledge of the evolutionary history of the region of the Espinhaço Meridional, Quadrilátero Ferrífero and adjacent parts. In the analysis of the photointerpretation and existing literature and field works, six structural directions of efforts were determined, considering that the principal lineaments and strongly structured zones are reflex of deeper structures. All this six preferential directions of efforts are related to differential and rotational movements of the blocks with the move to the West, with higher intensity from North to the South. On the other hand, these differential and rotational movements of blocks are related to the differentiation of intensities of efforts, that is, the southeastern and eastern efforts were of higher values than those of the northeast, arousing the lifting of the infracrustal rocks, that through upthrust faults contacted lower metamorphic grade rocks. Besides, as a result of higher intensity efforts in the East and mainly in the Southeast together with a continuous lifting of the basement, occurred the move by the gravitational slipping, of the Minas sediments, from their original places to their recent areas in the Quadrilátero Ferrífero and Rio Piracicaba region. For this region the fractural pattern of the rocks of the Minas Supergroup is distinct in relation to its

autochthonous basement, which does not occur in the Itabira-Morro do Pilar region, East to Serra do Espinhaço, where the Minas Supergroup presents a congruent pattern with its basement, showing autochthonous to para-autochthonous position of its rocks.

The photogeological analysis and existing literature and field works better characterized the lithostratigraphic-structural units. The more important result was the continuous traced of the limits of the Rio das Velhas Supergroup from the Quadrilátero Ferrífero to the Pitangui-Pequi region, in the west part of the studied area.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
RESUMO	i
ABSTRACT	iii
INDICE DAS FIGURAS	ix
INDICE DAS TABELAS	x
INDICE DAS FOTOS	xi
INDICE DOS DIAGRAMAS	xii
<u>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO</u>	1
1.1 - Apresentação	1
1.2 - Objetivos	2
1.3 - Localização da área de estudo	3
1.4 - Aspectos econômicos e acessos	4
1.5 - Aspectos fisiográficos	6
<u>CAPÍTULO 2 - MATERIAIS E MÉTODOS</u>	14
2.1 - Materiais	14
2.1.1 - Bibliografia	14
2.1.2 - Produtos de sensoriamento remoto	14
2.1.3 - Mapas cintilométricos	17
2.1.4 - Mapas aeromagnéticos	17
2.1.5 - Folhas topográficas	18
2.2 - Métodos	19
2.2.1 - Métodos de fotointerpretação	19
2.2.1.1 - Métodos das chaves interpretativas	19
2.2.1.2 - Processo fotointerpretativo	20
2.2.2 - Interpretação de dados cintilométricos	21
2.2.3 - Interpretação de dados aeromagnéticos	24
2.2.4 - Trabalhos de reconhecimento e verificação de campo	25
2.2.5 - Análise de fraturamento	26
2.2.5.1 - Feixes de fraturas	27
2.2.5.2 - Análise qualitativa dos fotolineamentos	27
2.2.5.3 - Análise quantitativa dos fotolineamentos	28

	<u>Pág.</u>
<u>CAPÍTULO 3 - CARACTERÍSTICAS DOS PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMO-</u> <u>TO UTILIZADOS: IMAGENS LANDSAT E DE RADAR</u>	29
3.1 - Dados fundamentais	29
3.2 - Imagens MSS/LANDSAT	32
3.3 - Imagens RBV/LANDSAT	32
3.4 - Imagens TM/LANDSAT	34
3.5 - Imagens SLAR	35
<u>CAPÍTULO 4 - GEOLOGIA REGIONAL</u>	36
4.1 - Arqueano indiviso	36
4.1.1 - Complexo migmatito-granulítico de Minas Gerais	37
4.1.2 - Supergrupo Rio das Velhas	38
4.1.3 - Supergrupo Rio Parauna	39
4.2 - Proterozóico	41
4.2.1 - Supergrupo Minas	42
4.2.2 - Supergrupo Espinhaço	43
4.2.3 - Supergrupo São Francisco	45
4.3 - Rochas magmáticas	47
4.4 - Aspecto da evolução tectono-geológica regional	50
<u>CAPÍTULO 5 - RESULTADOS</u>	55
5.1 - Geologia e caracterização fotogeológica das grandes unidades litoestratigráficas	55
5.1.1 - Arqueano indiviso	55
5.1.1.1 - Complexo granulítico de Minas Gerais	55
5.1.1.2 - Supergrupo Rio das Velhas	64
5.1.1.3 - Supergrupo Rio Parauna	67
5.1.1.4 - Metaultramáficas	67
5.1.2 - Proterozóico inferior a médio	67
5.1.2.1 - Supergrupo Minas	68
5.1.2.2 - Supergrupo Espinhaço	72
5.1.3 - Proterozóico superior	74
5.1.3.1 - Supergrupo São Francisco	75
5.1.4 - Rochas magmáticas	77
5.1.5 - Coberturas terciárias-quaternárias	77
5.2 - Análise de fraturamento	78
5.3 - Cintilometria	120

	<u>Pág.</u>
5.4 - Aeromagnetometria	122
<u>CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES</u>	140
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	142
APÊNDICE 1 - DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS PONTOS VISITADOS NO CAMPO	
APÊNDICE 2 - DESCRIÇÃO DAS LÂMINAS	

ANEXOS

- 1 - Mapa fotogeológico integrado
- 2 - Mapa de fotolineamentos e feixes de fraturas
- 3 - Mapa de fotoalinhamentos
- 4 - Mapa de fotolineamentos de direção N-S $\pm$ 15°
- 5 - Mapa de fotolineamentos de direção N30°E $\pm$ 15°
- 6 - Mapa de fotolineamentos de direção N30°W $\pm$ 15°
- 7 - Mapa de fotolineamentos de direção N60°E $\pm$ 15°
- 8 - Mapa de fotolineamentos de direção N60°W $\pm$ 15°
- 9 - Mapa de fotolineamentos de direção E-W $\pm$ 15°
- 10 - Mapa de concentração de fraturas de direção N-S $\pm$ 15°
- 11 - Mapa de concentração de fraturas de direção N-S $\pm$ 15° para o supergrupo Minas
- 12 - Mapa de concentração de fraturas de direção N-S $\pm$ 15° para a formação Santa Rita
- 13 - Mapa de concentração de fraturas de direção N30°E $\pm$ 15°
- 14 - Mapa de concentração de fraturas de direção N30°E $\pm$ 15° para o supergrupo Minas
- 15 - Mapa de concentração de fraturas de direção N30°E $\pm$ 15° para a formação Santa Rita
- 16 - Mapa de concentração de fraturas N30°W $\pm$ 15°
- 17 - Mapa de concentração de fraturas N30°W $\pm$ 15° para o supergrupo Minas
- 18 - Mapa de concentração de fraturas N30°W $\pm$ 15° para a formação Santa Rita
- 19 - Mapa de concentração de fraturas N60°E $\pm$ 15°
- 20 - Mapa de concentração de fraturas N60°E $\pm$ 15° para o supergrupo Minas
- 21 - Mapa de concentração de fraturas N60°E $\pm$ 15° para a formação Santa Rita
- 22 - Mapa de concentração de fraturas N60°W $\pm$ 15°

- 23 - Mapa de concentração de fraturas $N60^{\circ}W \pm 15^{\circ}$ para o supergrupo Minas
- 24 - Mapa de concentração de fraturas $N60^{\circ}W \pm 15^{\circ}$ para a formação Santa Rita
- 25 - Mapa de concentração de fraturas $E-W \pm 15^{\circ}$
- 26 - Mapa de concentração de fraturas de direção $E-W \pm 15^{\circ}$ para o supergrupo Minas
- 27 - Mapa de concentração de fraturas de direção $E-W \pm 15^{\circ}$ para a formação Santa Rita
- 28 - Mapa geofísico integrado: dados de aerocintilometria e aeromagnetometria
- 29 - Mapa tectônico
- 30 - Mapa de caminhamento

INDICE DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1.1 - Localização da área	3
1.2 - Articulação das folhas	4
1.3 - Principais vias de acesso e localidades da área de estudo.	5
2.1 - Caracterização das formas segundo algumas propriedades texturais (Veneziani e Anjos, 1982)	21
3.1 - Características espectrais das principais fontes de energia eletromagnética (Sol e Terra), da transmitância atmosférica e faixas de atuação dos sistemas sensores (Lillesand e Kiefer, 1979)	29
3.2 - Curvas típicas da reflectância espectral para os principais alvos da superfície terrestre: solo, vegetação e água (Lillesand e Kiefer, 1979)	31
3.3 - Reflectância de alvos naturais e os canais do MSS/LANDSAT (Steffen e Souza, 1980)	33
3.4 - Bandas espectrais do TM/LANDSAT (Barbosa, 1986)	35
5.1 - Região de Santa Maria de Itabira-Ferros, onde é observado nas imagens um intenso desenvolvimento da foliação cataclástica, relacionada com a direção $N30^{\circ}E \pm 15^{\circ}$	103
5.2 - Modelo do sistema de falhas transcorrentes de Moody e Hill de compressão predominante Norte-Sul (Moody e Hill, 1956)..	124
5.3 - Principais direções desenvolvidas em resultado da compressão Norte-Sul, conforme modelo concebido por Moody e Hill (Moody e Hill, 1956)	125
5.4 - Principais lineamentos do oeste americano segundo interpretações de Moody e Hill (Moody e Hill, 1956)	126
5.5 - Representação do modelo de zona de cisalhamento de Reidel (Vialon et alii, 1976)	127
5.6 - Sistemas de fraturas na zona de cisalhamento (Sadowski, 1983)	127
5.7 - Direções de cisalhamento a sudeste de Coronel Fabriciano..	130
5.8 - Direções do cisalhamento na região de Morro do Pilar	131
5.9 - Direções associadas ao cisalhamento na região a sudoeste de Itabira	133
5.10 - Direções associadas ao cisalhamento na borda oeste da serra do Espinhaço	134
5.11 - Direções associadas ao cisalhamento na região leste de Itabira	135
5.12 - Relação geométrica entre os fotolineamentos associados às falhas transcorrentes na região de Ferros	136
5.13 - Sistema de falhas transcorrentes e de empurrão no casaquistão central (Khain, 1973)	137

INDICE DAS TABELAS

	<u>Pág.</u>
2.1 - Principais características dos produtos fotográficos	16
4.1 - Associação Barbacena/Paraíba do Sul (Menezes Filho et alii, 1977 e Fontes et alii, 1978)	38
4.2 - Coluna estratigráfica resumida do supergrupo Rio das Velhas (Inda et alii, 1984)	40
4.3 - Coluna estratigráfica do supergrupo Rio Paraúna (Fogaça et alii, 1984)	41
4.4 - Coluna estratigráfica simplificadas e esquemáticas do supergrupo Minas, no Quadrilátero Ferrífero, segundo Door (1969) com modificações (Inda et alii, 1984).....	44
4.5 - Coluna estratigráfica simplificada e esquemática do supergrupo Minas na região de Itabira, segundo Schorscher (1975) e Schorscher e Guimarães (1976) (Inda et alii, 1984)	44
4.6 - Coluna estratigráfica simplificada das sequências da serra do Espinhaço na região de Diamantina segundo Pflug (1968). (Inda et alii, 1984)	46
4.7 - Coluna estratigráfica simplificada das sequências da serra do Espinhaço na região de Diamantina segundo School e Fogaça (1980). (Inda et alii, 1984)	46
4.8 - Coluna estratigráfica simplificada das extremidades meridionais da serra do Espinhaço, segundo Schorscher (1984). (Inda et alii, 1984)	46
4.9 - Coluna estratigráfica adotada para o grupo Bambuí	48
5.1 - Coluna estratigráfica resumida da área de estudo	56

INDICE DAS FOTOS

	<u>Pág.</u>
1.1 - Aspecto topográfico da região próxima a Engenheiro Caldas, em área de ocorrência de migmatitos e granulitos	7
1.2 - Aspecto da topografia da região próxima a Caratinga, em área com predominância de gnaisses e migmatitos	7
1.3 - Aspecto da topografia da região de Coronel Fabriciano, em área de ocorrência de granitóides	8
1.4 - Aspecto da topografia da região a NE de Ipatinga, junto ao Rio Doce, em área de ocorrência de gnaisses e xistos	8
1.5 - Aspecto do relevo do Quadrilátero Ferrífero, na região da serra da Piedade (Caeté), em área de ocorrência de Itabiritos	9
1.6 - Outro aspecto da região do Quadrilátero Ferrífero (Serra da Piedade) onde observa-se o aplainamento de topo Gondwana, e no primeiro plano o relevo da superfície sul-americana	10
1.7 - Aspecto da topografia da serra do Espinhaço ao longo da rodovia MG-10	10
1.8 - Aspecto do relevo ondulado com encostas suaves na área de ocorrência das rochas do grupo Bambuí a SE da cidade de Baldin	11
1.9 - Aspecto da floresta subcaducifólia tropical a oeste de Dolores de Guanhães	12
1.10 - Aspecto de uma mancha de cerrado na região da serra do Espinhaço	13

INDICE DE DIAGRAMAS

	<u>Pág.</u>
5.1 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento. Área de ocorrência de gnaisses e migmatitos (Pgm). Região de Caratinga (130 medidas)	81
5.2 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento. Área de ocorrência de gnaisses e migmatitos e charnockitos, região de Inhapi-Iapu-Engenheiro Caldas (517 medidas)	81
5.3 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento nas rochas da formação Galho do Miguel para a região de Itambê do Mato Dentro, onde a direção N-S $\pm$ 15° está bem caracterizada (93 medidas)	82
5.4 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento nas rochas da formação Santa Rita para a região de Itambê do Mato Dentro, onde a direção NS está mais caracterizada, não variando muito no intervalo de $\pm$ 15° (40 medidas)	82
5.5 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento nas rochas da formação Galho do Miguel e Santa Rita para a região de Itambê do Mato Dentro (233 medidas)	83
5.6 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento total nas rochas da formação Galho do Miguel (206 medidas)	83
5.7 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento total nas rochas da formação Santa Rita (94 medidas)	84
5.8 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento nos metasedimentos do supergrupo Espinhaço (300 medidas)	85
5.9 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento nos gnaisses da região de Sete Lagoas-Taquaraçu de Minas-Belo Horizonte (190 medidas)	85
5.10 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento nas rochas do grupo Bambuí entre Cardeal Mota e Baldin (212 medidas)	86
5.11 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento nas rochas do grupo Bambuí a oeste da cidade de Jequitibã (429 medidas)	86
5.12 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento nas rochas do grupo Nova Lima perto da cidade de Juatuba (60 medidas)	87
5.13 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento nas rochas do grupo Bambuí na região de Paraopeba (147 medidas)	87
5.14 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento total nas rochas do grupo Bambuí (488 medidas)	88
5.15 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento total nas rochas do grupo Nova Lima entre Juatuba e Pitangui (376 medidas)	88
5.16 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento das rochas do supergrupo Minas no Quadrilátero Ferrífero (140 medidas)	90

	<u>Pág.</u>
5.17 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento em área de ocorrência das rochas do supergrupo Minas, na região de Itabira-João Monlevade (114 medidas)	90
5.18 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento nas rochas do supergrupo Minas na região de Santa Maria de Itabira-Passabem-Ferros (354 medidas)	91
5.19 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento nas rochas do supergrupo Minas na região de Morro do Pilar (54 medidas)	91
5.20 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento total das rochas do supergrupo Minas na área de estudo (662 medidas)	92
5.21 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento total para as rochas do supergrupo Rio das Velhas no Quadrilátero Ferrífero (122 medidas)	92
5.22 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento total das rochas do supergrupo Rio das Velhas (929 medidas)	93
5.23 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento total para as rochas dos supergrupos Rio das Velhas e Minas (1220 medidas)	96
5.24 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento para a área de ocorrência de gnaisses e quartzitos para a região de Timóteo-Vargem Linda (73 medidas)	96
5.25 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento em gnaisses, xistos e migmatitos da região de Santa Maria de Itabira-Ferros (139 medidas)	96
5.26 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento em gnaisses, xistos e migmatitos da região de Itabira-João Monlevade-Bom Jesus do Amparo (132 medidas)	97
5.27 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento para área de xistos e gnaisses na região de Naque (126 medidas) ...	97
5.28 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento para área de gnaisses e migmatitos de Ponta de Santo Antonio (149 medidas)	98
5.29 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento para a área de gnaisses e migmatitos de Carmélia (60 medidas)	98
5.30 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento em gnaisses e migmatitos da região de Tapera (72 medidas)	99
5.31 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento total para o Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais (1398 medidas)	99
5.32 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento nas rochas do supergrupo Rio das Velhas na região de Pitangui (371 medidas)	101
5.33 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento em rochas da formação Galho do Miguel entre Cardeal Mota e Conceição do Mato Dentro (113 medidas)	106

	<u>Pág.</u>
5.34 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento em rochas da formação Santa Rita entre Cardeal Mota e Conceição do Mato Dentro (54 medidas)	106
5.35 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento total para a área de ocorrência do Complexo Migmatito-Granulítico da porção leste da área de estudo (941 medidas)	107

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 - APRESENTAÇÃO

Os estudos dos complexos pré-cambrianos até hoje baseiam-se principalmente em divisões estratigráficas locais. Ao mesmo tempo os estudos integrados e de compilação do pré-cambriano têm um grande interesse científico e um significado prático fundamental pois a separação e a correlação regional e interregional de suas formações e de seus conjuntos litoestruturais maiores, representam chaves importantes no entendimento da história evolutiva da crosta terrestre e muito contribuem quanto a distribuição e a potencialidade dos recursos minerais possivelmente relacionados.

Duas das principais áreas do pré-cambriano brasileiro sob estudos geológicos e metalogenéticos há mais de 200 anos, devido as riquezas minerais são o Quadrilátero Ferrífero e a região do Espinhaço Meridional e adjacências. Para estas regiões têm sido desenvolvidos levantamentos cartográficos, aerofotográficos, geofísicos e mapeamentos geológicos diversos, mas sempre de caráter descontínuo, em escalas diferentes e muitas vezes com resultados contraditórios.

A utilização de produtos de sensoriamento remoto de baixa resolução tem se mostrado uma ferramenta importante nos estudos geológicos regionais que procuram a partir de trabalhos pré-existentes (incluindo-se aqui também todos os levantamentos cartográficos, complementados com verificações de campo) uma homogeneização e integração das informações, principalmente em relação às estruturas tectônicas de caráter rúptil e as continuidades de conjuntos litológicos.

O presente trabalho procura retratar os resultados obtidos pelo autor na aplicação, principalmente de produtos de sensoriamento remoto orbital, no estudo geológico-estrutural. O direcionamento do trabalho para questões tectono-estruturais é devido as características dos produtos utilizados que permitem uma visão regional bastante clara

de grandes lineamentos desenvolvidos principalmente em decorrência da tectônica rúptil.

Por outro lado os diversos produtos de sensoriamento remoto de baixa resolução disponíveis aplicados ao estudo de áreas pré-cambrianas policíclicas complexas, carecem do estabelecimento de metodologias adequadas, pois existem ainda substanciais controvérsias quanto a interpretação geológicas dos conjuntos e elementos texturais contidos nas imagens. Desta forma a abordagem escolhida envolve ainda uma substancial componente metodológica.

1.2 - OBJETIVOS

O presente trabalho tem por objetivo principal o estudo da história evolutiva da região do Quadrilátero Ferrífero, Espinhaço Meridional e áreas adjacentes, através da utilização de produtos de sensoriamento remoto integrado aos dados geofísicos, de campo, petrográficos e bibliográficos.

Os objetivos específicos deste trabalho foram:

- a) Confecção de um mapa fotogeológico na escala de 1:250.000 com base na interpretação de imagens LANDSAT e mosaicos semicontrolados de radar do projeto RADAMBRASIL, além de reconhecimento e verificações de campo, procurando-se a integração e homogeneização dos dados geológicos pré-existentes.
- b) Confecção de mapas de fotolineamentos e fotoalinhamentos estruturais para toda área, na tentativa de definir os principais sistemas de fraturamento, decorrentes dos diversos eventos da tectônica rúptil e rúptil-ductil que afetaram a região.
- c) Estabelecer o relacionamento genético e espacial entre os principais sistemas de fraturamento e os vários eventos tectônicos da região através do tratamento qualitativo e quantitativo dos fotolineamentos.

- d) Integração com dados geofísicos (cintilométricos e aeromagneto-
métricos) para complementar a caracterização das grandes unida-
des lito-estratigráficas mapeadas e dos principais sistemas de
fraturamento.

1.3 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo localiza-se no estado de Minas Gerais en-
tre os paralelos $19^{\circ}00'$ e $20^{\circ}00'$ de latitude sul e os meridianos $42^{\circ}00'$
e $45^{\circ}00'$ de longitude oeste, compreendendo as folhas cartográficas Ipa-
tinga (SE-23-D) e Belo Horizonte (SE-23-Z-C) na escala 1:250.000, tota-
lizando aproximadamente 36.300 km. (Figuras 1.1 e 1.2).

Fig. 1.1 - Localização da área.

	46°30'	45°00'	43°30'	42°00'	40°30'	
18°00'	SE23-Y-B	SE23-Z-A	SE23-Z-B	SE24-Y-A		18°00'
19°00'	SE23-Y-D	SE23-Z-C	SE23-Z-D	SE24-Y-C		19°00'
20°00'						20°00'
21°00'	SF23-V-B	SF23-X-A	SF23-X-B	SF24-V-C		21°00'
	46°30'	45°00'	43°30'	42°00'	40°30'	

Fig 1.2 - Articulação das folhas.

1.4 - ASPECTOS ECONÔMICOS E ACESSOS

O principal centro urbano da área de estudo é a cidade de Belo Horizonte, capital do Estado que juntamente com as cidades satélites Betim e Contagem, forma o maior polo industrial do Estado, que engloba desde a produção de manufaturados, até a produção automobilística e máquinas pesadas, como também forma o principal polo comercial. Relacionada a região da cidade de Belo Horizonte, encontramos a indústria extrativa mineral. Outros centros importantes são as cidades de Nova Lima, onde encontra-se a mina de Morro Velho; a cidade de Itabira, que além das usinas siderúrgicas, é também um dos principais centros de extração do minério de ferro. As cidades de Ipatinga, Coronel Fabriciano, João Monlevade e Pitangui caracterizam-se economicamente pela siderurgia. Também encontram-se outros aglomerados urbanos importantes como Caratinga, Sete Lagoas, Paraopeba e Conceição do Mato Dentro. Para toda a área de estudo a agropecuária também ocupa um papel econômico importante.

As principais vias de acessos (Figura 1.3), são as rodovias. BR-116 a leste, que praticamente corta toda a área de sul para norte; BR-381, que liga Belo Horizonte a Governador Valadares para norte e São Paulo para sul; BR-262, que corta parte da folha Ipatinga e toda a folha Belo Horizonte de leste para oeste; BR-040, ligando Belo Horizonte a Brasília e Rio de Janeiro; BR-352 ligando Pitangui a Abaeté, etc. A locomoção dentro da área de estudo é ainda facilitada por algumas rodovias estaduais, na maioria das vezes sem pavimentação, como por exemplo a MG-10, MG-60, MG-120 e MG-434, etc. e por um número muito grande de estradas e caminhos municipais, todos de terra, mas transitáveis em grande parte do ano.

Fig. 1.3 - Principais vias de acesso e localidades da área de estudo.

- Localidades
 - Rodovias pavimentadas
 - Rodovias sem pavimentação e estradas municipais
- BR - Rodovias Federais MG - Rodovias Estaduais

1.5 - ASPECTOS FISIOGRAFICOS

A área de estudo engloba os chamados domínios morfoestruturais do interior, que segundo Moreira e Camelier (1977) são para esta área individualizados em:

- escarpas e maciços modelados em rochas do complexo cristalino (representado na área pelos planaltos cristalinos rebaixados);
- altas superfícies modeladas em rochas proterozóicas (Quadrilátero Ferrífero e Espinhaço);
- superfícies aplainadas, com relevo ondulado (representado na área pelas regiões de ocorrência das rochas do Grupo Bambuí).

Os planaltos cristalinos rebaixados foram estudados por King (1956) que nesta região distinguiu: a superfície Sul-americana, esculpida no terciário inferior, com altitudes de até 1.000 metros; o ciclo de erosão denominado Velhas do Terciário Superior, que caracteriza-se pela dissecação da superfície Sul-americana por vales profundos, tributários do Rio Doce; e o ciclo de desnudação Paraguaçu, de idade Pleistocena, que ocorre somente no extremo nordeste da área de estudo, no vale do Rio Doce.

Braun (1971) também relacionou os planaltos cristalinos rebaixados à superfície Sul-americana, e ao ciclo Velhas. Quanto ao ciclo Paraguaçu de King (1956) Braun (1971) diz que "este nada mais é do que um dos inúmeros estágios de desnudação (subciclos) que se imporão ao ciclo Velhas, até que o relevo alcance o máximo de aplainamento como no final do período Sul-americano.

Os planaltos cristalinos rebaixados são diferenciados geralmente por escarpas (Foto 1.1), as vezes associadas a falhas. Apresentam altitudes que variam de 500 a 1.100 metros, as vezes com uma topografia ondulada, com morros suaves do tipo "meia laranja" (Foto 1.2) cobertos por espessos mantos de intemperismo (Foto 1.1) até morros altos de topo arredondado formando estruturas do tipo pão de açúcar (Foto 1.3). As vezes são encontradas áreas onde o relevo apresenta-se levemente ondulado (Foto 1.4).

Foto 1.1 - Aspecto topográfico da região próxima a Engenheiro Caldas, em área de ocorrência de migmatitos e granulitos.

Esta foto mostra um exemplo de escarpa que diferencia os planaltos cristalinos, e a topografia ondulada com morros suaves "meia laranja" em um nível mais baixo. O canto direito inferior da foto dá uma idéia do manto de intemperismo argiloso de cor alaranjada.

Foto 1.2 - Aspecto da topografia da região próxima a Caratinga, em área com predominância de gnaisses e migmatitos

Esta foto mostra o papel da rede de drenagem no modelado dos planaltos cristalinos, que além de dissecar o relevo pode formar terraços embutidos, onde a ação antrópica é mais desenvolvida.

Foto 1.3 - Aspecto da topografia da região de Coronel Fabriciano, em área de ocorrência de granitóides.

Estes granitóides formam pontões rochosos, de flancos desnudos, denominados de "pão-de-açúcar", contrastando na paisagem com os taludes e colinas de decomposição química.

Foto 1.4 - Aspecto da topografia da região a NE de Ipatinga, junto ao Rio Doce, em área de ocorrência de gnaisses e xistos.

O relevo apresenta-se levemente ondulado, mostrando terraços e o atual fundo do vale.

Os domínios geomorfológicos de altas superfícies modeladas em rochas proterozóicas do Quadrilátero Ferrífero e Espinhaço, com altitudes superiores a 1.200 metros segundo Dorr (1969) são caracterizados por uma topografia bastante acidentada, com vales profundos, cristas íngremes e altos platos (Fotos 1.5, 1.6 e 1.7). King (1956) considerou as altas superfícies modeladas em rochas proterozóicas como pertencentes aos ciclos Gondwana de idade jurássica e post-Gondwana de idade controvertida. Segundo King (1956) este ciclo desenvolveu-se durante o Cretáceo Superior. Braun (1971) atribui a este ciclo a idade Cretáceo Inferior a Médio.

Foto 1.5 - Aspecto do relevo do Quadrilátero Ferrífero, na região da Serra da Piedade (Caeté), em área de ocorrência de Itabiritos.

Nesta foto pode-se observar o aplainamento de topo Gondwana e parte do flanco da serra que representa o ciclo post-Gondwana, caracterizado por um aplainamento incompleto, e por pequenos vales.

Foto 1.6 - Outro aspecto da região do Quadrilátero Ferrífero (Serra da Piedade) onde observa-se o aplainamento de topo Gondwana, e no primeiro plano o relevo da superfície Sul-Americana.

Foto 1.7 - Aspecto da topografia da serra do Espinhaço ao longo da rodovia MG-10.

Os quartzitos, em primeiro plano, mais resistentes a erosão dão relevos salientes e ericados. Ao fundo observa-se o aplainamento de topo Gondwana.

As superfícies aplainadas com relevo ondulado ocupam uma grande porção da parte oeste da região de estudo, que são as áreas ocupadas pelo grupo Bambuí. Nas áreas de ocorrências de calcários formam-se as vezes morros não muito altos, com encostas suaves (Foto 1.8), alinhados segundo a direção norte-sul. Segundo King (1956) na região ocupada pelas rochas do grupo Bambuí são encontrados testemunhos do ciclo Gondwana, como a Serra de Santa Helena a NW de Sete Lagoas. A superfície sul-americana e o ciclo Velhas são predominantes na área de estudo.

Foto 1.8 - Aspecto do relevo ondulado com encostas suaves na área de ocorrência das rochas do Grupo Bambuí a SE da cidade de Bal_{di}n.

A drenagem principal está representada pelo Rio Doce e seus afluentes (Rio Piracicaba, Rio Santo Antonio e outros) e os tributários do Rio São Francisco (Rio das Velhas, Rio Paraopeba, Rio Parã e seus afluentes). A característica da drenagem na área de estudo, é que tanto os rios principais como seus tributários, encontram-se geralmente encaixados e controlados pelas estruturas geológicas.

A cobertura vegetal da região está representada segundo Alonso (1977) por florestas subcaducifólia tropical, quase que total-

mente devastadas, dando lugar às atividades agropecuárias e de reflorestamento.

A floresta subcaducifolia tropical, pouco cerrada, caracteriza-se por árvores de até 25 metros de altura com um estrato inferior constituído por árvores de 12 a 15 metros. (Foto 1.9).

Foto 1.9 - Aspecto da floresta subcaducifolia tropical a oeste de Dorcas de Guanhões.

Esta foto ainda mostra uma das características dos rios da região de estudo; a formação de corredeiras ou quedas d'água, que correspondem a afloramento de rochas resistentes a erosão (afloramento de charnockitos).

Às vezes, ocorrem manchas de cerrado (Foto 1.10) e em altitudes superiores a 900-1000 metros aparecem campos.

O clima da região segundo Nimer (1977) pode ser dividido em dois tipos principais: o subquente e o mesotérmico brando. As áreas mais baixas compreendem o clima subquente com temperaturas médias anuais de 20°C a 24°C. As áreas mais elevadas, de clima mesotérmico brando apresentam temperaturas médias anuais de 18°C-19°C.

Foto 1.10 - Aspecto de uma mancha de cerrado na região da serra do Espinhaço.

O índice médio de precipitação está em torno de 1.000 mm/ano a 1.500 mm/ano e segundo Nimer op. cit. os máximos pluviométricos, ocorrem no verão e o mínimo no inverno. O inverno é seco, e a estiagem na região da serra do Espinhaço pode chegar a atingir 6 meses. Segundo Dorr (1969), a média de precipitação para o Quadrilátero Ferrífero si tua-se em torno de 2.000 mm/ano.

CAPÍTULO 2

MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 - MATERIAIS

No desenvolvimento do referido trabalho, foram utilizados os seguintes materiais: bibliografia; produtos de sensoriamento remoto; mapas cintilométricos e aeromagnetométricos e folhas topográficas.

2.1.1 - BIBLIOGRAFIA

Foi efetuada uma ampla pesquisa bibliográfica incluindo consultas de livros, publicações especializadas referentes aos conhecimentos geológicos da área em estudo, além dos mapas existentes na área de aspectos regionais e temáticos.

2.1.2 - PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO

A base do trabalho foram os produtos fotográficos obtidos por quatro tipos de sensores principais:

- MSS ("Multispectral Scanner System") - imagens fotográficas branco e preto nas escalas 1:500.000 e 1:250.000 nos canais 5 e 7, distribuídos em duas órbitas, como a seguir:

- . órbita 122 ponto 25 + 12 segundos; e
- . órbita 136 ponto 25 + 12 segundos.

Foram utilizados dois conjuntos de imagens na escala 1:250.000, de épocas diferentes.

- RBV ("Return Beam Vidicon"). Foram utilizadas 16 subcenas destas imagens nas escalas 1:500.000 e 1:250.000, obtidas pelo sistema LANDSAT, que recobriram totalmente a área de estudo. Um conjunto de 4 subcenas RBV correspondem a uma cena MSS.

Foram utilizados dois conjuntos na escala 1:250.000, de épocas diferentes.

- TM ("Thematic Mapper") - imagens multiespectrais obtidas pelo sistema LANDSAT. Foram utilizadas imagens nos canais 3,4,5 e 7 e na escala 1:250.000 e os canais 3,4 e 7 na escala 1:100.000, referentes às órbitas 217 e 218 e ao ponto 73 + 12 segundos. As imagens na escala 1:250.000 recobriram totalmente a área de estudo e as imagens na escala 1:100.000 parcialmente.

Em relação às imagens LANDSAT, a área de estudo, em um processamento normal, compreende duas órbitas e dois pontos: órbitas 217 e 218 e os pontos 73 e 74, pois a parte norte da área estaria contida nas imagens do ponto 73 e a parte sul nas imagens do ponto 74. Para minimizar os custos, os pedidos de imagens foram feitos com um deslocamento de 12 segundos, a partir do centro das imagens para sul.

- SLAR ("Side-Looking Airbone Radar") - foram utilizados os mosaicos semicontrolados de radar, na escala de 1:250.000 do Projeto RADAMBRASIL, referentes às folhas Belo Horizonte (SE-23-Z-C) e Ipatinga (SE-23-Z-D) que cobriram totalmente a área de estudo.

A Tabela 2.1 mostra as principais características dos produtos fotográficos utilizados.

Maiores detalhes sobre estes sensores podem ser encontrados em American Society of Photogrammetry (1983), Lillesand and Kiefer (1979), Lintz and Siminetti (1976) e Sabins Jr. (1978).

TABELA 2.1

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS PRODUTOS FOTOGRÁFICOS

SENSOR	CARACTERÍSTICAS				
	CANAL	RESOLUÇÃO ESPACIAL (Re)	RESOLUÇÃO ESPECTRAL (R)	SISTEMA SENSOR	TIPO
SLAR	-	25m	banda X (3,1cm)	radar de vista lateral	a
MSS	5	79m	0,6 - 0,7 μ m	imageador multiespectral	p
	7	79m	0,8 - 1,1 μ m	imageador multiespectral	p
RBV	-	40m	0,4 - 0,9 μ m	conjunto de câmaras de televisão	p
TM	3	30m	0,63 - 0,69 μ m	imageador multiespectral	p
	4	30m	0,76 - 0,9 μ m	imageador multiespectral	p
	5	30m	1,55 - 1,75 μ m	imageador multiespectral	p
	7	30m	2,08 - 2,35 μ m	imageador multiespectral	p

a - ativo

p - passivo

cm - centímetros

μ m - micrômetros

2.1.3 - MAPAS CINTILOMÉTRICOS

Foram utilizados mapas de levantamentos cintilométricos obtidos tanto pelo levantamento pontual, como por avião, fornecidos pelo CNEN e NUCLEBRÁS, nas escalas 1:250.000, 1:100.000 e 1:50.000.

- escala 1:250.000 - Mapa geológico com interpretação geofísica - folha Ipatinga - (completa) NUCLEBRÁS, sem data.
- Mapa geológico com interpretação geofísica - folha Belo Horizonte - (incompleta) NUCLEBRÁS, sem data.
- Mapa de reconhecimento geológico-radiométrico. Projeto Espinhaço Meridional. CNEN (1972).
- escala 1:100.000 - Folha Belo Horizonte - projeto aerogeofísico Furnas. NUCLEBRÁS (1977).
- Folha Pará de Minas - projeto aerogeofísico Furnas. NUCLEBRÁS (1977).
- escala 1:50.000 - Folhas: SE-23-Z-C-VI-2; SE-23-Z-C-VI-4; SE-23-Z-C-VI-3 - Projeto Quadrilátero Ferrífero - NUCLEBRÁS (1974).

2.1.4 - MAPAS AEROMAGNÉTICOS

Foram utilizadas 12 folhas na escala 1:100.000, cobrindo toda a área de estudo. Os mapas de intensidade magnética foram elaborados no âmbito do convênio geofísico Brasil-Alemanha (DNPM-PRAKLA, 1971-1972).

Suas principais características são:

1) Escala:	1:100.000
2) Equidistância das iso-anomalias:	5γ
3) Precisão do magnetômetro:	1γ
4) Espaçamento entre medidas:	60m

- 5) Espaçamento das linhas de vôo (sentido E-W): 2km
- 6) Altura média do vôo: 700m
- 7) Redução do campo regional efetuada pela equipe do convênio (dados reduzidos para a altitude de 1200m).

2.1.5 - FOLHAS TOPOGRÁFICAS

Foram usadas as seguintes folhas topográficas do IBGE:

- na escala 1:250.000
 - Folha Ipatinga (SE-23-Z-D) impressa em 1982;
 - Folha Belo Horizonte (SE-23-Z-C) impressa em 1979.
- na escala 1:100.000
 - Folha Baldin (SE-23-Z-C-III) impressa em 1977;
 - Folha Conceição do Mato Dentro (SE-23-Z-D-I) impressa em 1977;
 - Folha Coronel Fabriciano (SE-23-Z-D-V) impressa em 1980;
 - Folha Ipatinga (SE-23-Z-D-II) impressa em 1980;
 - Folha Itabira (SE-23-Z-D-IV) impressa em 1977;
 - Folha Pará de Minas (SE-23-Z-C-IV) impressa em 1976;
 - Folha Pompeu (SE-23-Z-C-I) impressa em 1976;
 - Folha Sete Lagoas (SE-23-Z-C-II) impressa em 1976.
- na escala 1:50.000
 - Folha Belo Horizonte (SE-23-Z-C-VI-3) impressa em 1979;
 - Folha Cachoeira dos Macacos (SE-23-Z-C-V-I) impressa em 1976;
 - Folha Caeté (SE-23-Z-C-V-4) impressa em 1976;
 - Folha Esmeraldas (SE-23-Z-C-V-3) impressa em 1976;
 - Folha Jabuticatubas (SE-23-Z-C-VI-2) impressa em 1977;
 - Folha Lagoa Santa (SE-23-Z-C-VI-1) reimpressa em 1985;
 - Folha Pedro Leopoldo (SE-23-Z-C-V-2) impressa em 1976.

2.2 - MÉTODOS

No desenvolvimento do presente trabalho foi utilizada uma combinação interdisciplinar de metodologias a seguir descritas.

2.2.1 - MÉTODOS DE FOTOINTERPRETAÇÃO

Na análise das informações contidas nos produtos de sensoriamento remoto, identificadas, analisadas e interpretadas em seu sentido geológico, são usados basicamente dois métodos.

2.2.1.1 - MÉTODOS DAS CHAVES INTERPRETATIVAS

É um método de caráter empírico e comparativo, que tem por base o conhecimento prévio de padrões e feições similares, que são confrontados com os existentes na área de estudo.

Os padrões podem ser:

- visuais - comparação entre imagens.
- descritivos - uma feição geológica é descrita em termos de características fotográficas, que se pressupõem serem as mesmas para situações geológicas semelhantes.

Dessa maneira, temos dois momentos importantes na utilização deste método.

- 1º - o emprego do método requer muito cuidado, pois a analogia pode levar à interpretação errônea.
- 2º - a subjetividade do método exige uma isenção do fotointérprete, para evitar idéias pré-concebidas.

Maiores detalhes sobre este método, podem ser encontrados em Ricci e Petri (1965); Miller (1961); Tator (1960); Allum (1969).

2.2.1.2 - PROCESSO FOTOINTERPRETATIVO

A partir dos trabalhos de Guy (1966); Riverau (1970) e Soares e Fiori (1976); Riverau e Fontanel (1976) e Veneziani e Anjos (1982) adaptaram os critérios anteriormente estabelecidos para interpretação de fotografias aéreas, em função das características dos produtos de sensoriamento remoto do SLAR e do sistema LANDSAT. Este processo baseia-se em uma sequência de etapas lógicas e sistemáticas que independem do conhecimento prévio da área e da utilização das chaves interpretativas.

Segundo Veneziani e Anjos (1982), as regras que conceituam este procedimento podem ser:

- A análise dos elementos de textura e da estrutura fotográfica e das tonalidades de cinza, a fins de definir as propriedades que caracterizam a forma e individualização de zonas imageadas que possuam características semelhantes (zonas homólogas).
- O procedimento dedutivo e indutivo para estabelecer o significado geológico das zonas homólogas.

Dessa maneira, no desenvolvimento deste processo de foto interpretação são desenvolvidas três etapas:

- Fotoleitura - identificação dos elementos texturais de relevo e de drenagem, onde o elemento textural é a menor superfície contínua, homogênea, passível de repetição, distinguível em uma imagem fotográfica.
- Fotoanálise - análise das propriedades de relevo e drenagem (lineações, alinhamentos, angularidades, tropia, assimetria e uniformidade) e caracterização das formas segundo estas propriedades (Figura 2.1).

Ainda na fotoanálise, para os produtos LANDSAT, MSS e TM, devido as características espectrais dos mesmos, é feita a análise das tonalidades de cinza. A análise das tonalidades de cinza deve

DRENAGEM		RELEVO	
<p>A</p> <p>1- Organização linear; 2- Organização em "árvore" (dendrítica).</p>		<p>B</p> <p>1- Organização em cristas, linear; 2- Organização sem formas geométricas definidas</p>	
<p>C</p> <p>1- Disposição irregular; 2- Disposição regularmente ordenada: forma fortemente estruturada.</p>		<p>D</p> <p>1- Disposição irregular: forma fracamente estruturada; 2- Disposição regularmente ordenada: forma fortemente estruturada.</p>	
<p>E</p> <p>1- Organização simples: ordem baixa. 2- Organização complexa (treliça recurvado superimposto a dendritico): ordem alta (fator de condicionamento da forma: antiforma).</p>		<p>F</p> <p>1- Organização simples: ordem baixa. 2- Organização complexa (deformações plásticas geradas por falhas): ordem alta (fator de condicionamento da forma: falhamento transcorrente).</p>	

Fig. 2.1 - Caracterização das formas segundo algumas propriedades texturais.

FONTE: Veneziani e Anjos (1982).

ser feita com cuidados especiais, pois as mesmas, na maioria dos casos, refletem as alterações no tipo da cobertura vegetal, apesar de haver a relação tipo litológico-estrutura geológica e vegetação.

- Fotointerpretação - associação dos dados analisados a um significado geológico, tendo por base os conhecimentos mais atuais sobre a área de estudo.

O processo de fotointerpretação baseado na lógica e sistemática, evita muitos dos problemas que ocorrem na utilização do método das chaves interpretativas, e por isto, foi adotado no presente trabalho. Maiores detalhes sobre este processamento, podem ser encontrados em Lueder (1959); Soares e Fiori (1976); Veneziani e Anjos (1982); Veneziani (1986) e Santos (1986).

2.2.2 - INTERPRETAÇÃO DE DADOS CINTILOMÉTRICOS

Segundo Sharma (1976), os métodos de prospecção empregando a radioatividade têm sido importantes nas décadas recentes, não somente pela grande demanda de urânio, mas também pela localização de minerais associados a corpos mineralizados. Estes métodos também podem ser usados com sucesso nas investigações geológicas e estruturais.

As primeiras aplicações da radioatividade na geologia datam de 1935, e foram voltadas para a exploração do petróleo. Segundo Schwarzer e Adams (1973), nos dias de hoje os levantamentos cintilométricos por aeronave tem uma importância valiosa nos mapeamentos geológicos e em programas de exploração, pois fornecem informações geológicas generalizadas de grandes áreas em um curto período de tempo.

Na natureza acontece espontaneamente o processo de desintegração de núcleos atômicos pela emissão de energia e partículas de massas, sendo o U, o Th e K^{40} os três principais elementos radioativos encontrados na natureza. Na desintegração dos núcleos atômicos, três tipos de radiação são observados: alfa, beta e gama.

- Partícula alfa (α) - uma partícula alfa é um núcleo de hélio com carga +2, massa 4 e com velocidade inicial da ordem de 0,05 da velocidade da luz (Dobrin, 1960; Fedinskiy, 1967; Parasmir, 1970). Em contato com a atmosfera, as partículas alfas diminuem sua velocidade devido ao atrito com as moléculas do ar, ionizam-se, juntam a si dois elétrons livres e transformam-se no átomo neutro de hélio. Por esta razão, não é prático tentar detectar a radiação alfa (Dobrin, 1960; Fedinskiy, 1967).
- Partícula beta (β) - a partícula beta é um elétron com carga -1 e massa igual a 1/3 da energia do próton (Dobrin, 1960; Fedinskiy, 1967; Parasmir, 1970). As partículas beta aparecem em resultado do choque de neutrons sobre os prótons. As partículas beta possuem velocidade diferente de emissão e diminuem sua velocidade inicial em contato com a atmosfera, nos primeiros 20 centímetros. O átomo que perde a partícula beta não muda sua massa, mas tem a carga de seu núcleo aumentada em 1 unidade (Dobrin, 1960; Fedinskiy, 1967).
- Raios gama (γ) - os raios gama são radiações eletromagnéticas de mesma natureza que a luz e os raios X, mas com energia muito maior, e por conseguinte, de frequência mais alta (Dobrin, 1960). Os raios gama atravessando uma camada rochosa de espessura de 30 centímetros perdem 99% da energia e somente 1% da radiação chega aos instrumentos (Fedinskiy, 1967). Por carecerem de carga elétrica, os raios gama não são influenciados pelo campo magnético (Figueroa, 1974).

Os raios γ são de 10 a 100 vezes mais penetrativos que os raios β e podem passar através de uma placa de chumbo de alguns centímetros de espessura ou de 30 centímetros de rocha, como também atravessar dezenas de metros de ar (Dobrin, 1960).

Por serem os raios γ mais penetrativos dos três tipos de radiação, estes são os principais alvos dos aparelhos detectores de radiatividade.

O detetor mais difundido é o contator Geiger Müller, mas em trabalhos onde é requerida uma alta sensibilidade, como nos levantamentos aéreos, os cintilômetros são mais utilizados (Dobrin, 1960).

No mapeamento geológico, os dados cintilométricos podem ser utilizados como suporte na definição de contatos entre formações geológicas, na definição de falhas, que segundo Rothé e Rothe (1950) Fedinskiy (1967) facilitam a difusão da emissão radioativa. Além disso, os dados cintilométricos são amplamente utilizados na prospecção petrolífera.

2.2.3 - INTERPRETAÇÃO DE DADOS AEROMAGNÉTICOS

O objetivo dos levantamentos aeromagnéticos está na detecção de corpos rochosos que possuem diferentes propriedades magnéticas. Estas propriedades foram tratadas mais detalhadamente por Fedinskiy (1967) e Stacey e Banergee (1974) entre outros.

A interpretação dos dados aeromagnéticos disponíveis (mapas de contorno na escala de 1:100.000) baseou-se nos trabalhos de Lasforges (1966), Nettleton (1971), Gay (1972), Telford et alii (1978) e Padilha (1982). Estes autores não apresentam diferenças significativas na interpretação geológico-estrutural dos dados aeromagnéticos. As discordâncias são notadas somente em relação aos métodos computacionais utilizados no tratamento dos dados (correção dos dados e elaboração dos mapas de contorno).

Todas as substâncias podem ser caracterizadas pelas suas relações com o campo magnético externo (Fedinskiy, 1967). Introduzindo-se a suscetibilidade magnética K, como relação entre intensidade de polarização induzida (J) e a tensão do campo de magnetização (H):

$$K = \frac{J}{H}$$

resulta que a magnetização de um determinado tipo de rocha está relacionada com a polarização induzida pelo campo geomagnético.

O resultado final dos levantamentos aeromagnéticos é um mapa de isoanomalias do campo magnético total. A área de estudo caracteriza-se por uma grande quantidade de anomalias magnéticas, devido aos diversos tipos litológicos encontrados com valores de suscetibilidade magnética variável, como por exemplo os corpos máficos, ultramáficos e as formações ferríferas.

2.2.4 - TRABALHOS DE RECONHECIMENTO E VERIFICAÇÃO DE CAMPO

Os trabalhos de reconhecimento e verificação de campo foram de caráter regional, e não objetivaram o detalhamento estratigráfico, que para a região de estudo é extremamente complexo. O levantamento de campo foi dirigido à busca de evidências que permitissem um entendimento melhor da história evolutiva da área de estudo através dos processos da tectônica rúptil e rúptil-dúctil. Dessa maneira, a nível de afloramento foram feitas as seguintes estudos:

- 1) Estudo de feições indicativas de movimentação e/ou esforço na formação de falhas ou fraturas (estrias; marcas de arranhaduras etc.).
- 2) Observação de diques ou veios preenchendo fraturas em uma determinada direção.
- 3) A relação entre fraturamento, que permite a definição da idade relativa dos eventos tectônicos e dos esforços.
- 4) Definição da intensidade de fraturamento em direções preferenciais de rupturas e esforços.

Durante os trabalhos de campo também foram feitas descrições litológicas de 515 pontos com a coleta de amostras de mão para lâminação e estudos de petrografia microscópica, além de se efetuar medidas de foliação, acamamento etc.

2.2.5 - ANÁLISE DE FRATURAMENTO

Na extração dos dados estruturas (juntas e falhas) foram analisados os elementos texturais (lineações e alinhamentos de relevo e drenagem).

No presente trabalho foram utilizados os seguintes critérios:

- 1) Fratura: este termo foi utilizado de uma forma bem ampla, incluindo qualquer plano de quebra passível de representação nos produtos utilizados de pequena escala. Aqui estão incluídas as foliações cataclásticas, a partir das quais pode se desenvolver um intenso fraturamento.
- 2) Lineação de relevo e drenagem: este termo foi utilizado segundo as definições de Soares et alii (1982a) e Soares et alii (1982b), como caráter descritivo de feições observadas nas imagens fotográficas e sua correlação com os elementos do terreno.
- 3) Fotolineamento: este termo foi utilizado de forma ampla para caracterizar feições lineares, retilíneas e/ou levemente curvas, associadas às formas de relevo e drenagem observadas nos produtos utilizados.
- 4) Fotoalinhamento: este termo foi utilizado de forma ampla para caracterizar feições alinhadas simples ou compostas, que podem refletir um fenômeno de subsuperfície.
- 5) Juntas: foram consideradas como juntas as lineações de relevo e de drenagem com extensão máxima de 3,5km, (Northfleet et alii, 1971) e transversais a subparalelos ao acamamento.
- 6) Falhas: foram consideradas como falhas alinhamentos de relevo e drenagem e tonais com extensão superior a 3,5km que segundo Veneziani (1986) podem condicionar a assimetria de relevo e drenagem ou constituir os limites entre extratos rochosos com competência diferente.

Os dados de fraturamento foram estudados através da delimitação dos feixes de fraturas, da análise qualitativa e quantitativa, e através dos diagramas de rosáceas para as juntas verticais e sub-verticais (90^0 a 70^0) medidas no campo.

2.2.5.1 - FEIXES DE FRATURAS

Na análise dos feixes de fraturas (Anexo 2) foram determinadas direções preferenciais levando-se em conta que os principais alinhamentos e zonas fortemente estruturados podem indicar tectonismo profundo mesmo em cinturões de "nappes" (Plicka, 1974).

Na definição dos feixes de fraturas, optou-se pela classificação de juntas proposta por Plicka (1974), que melhor atendia aos interesses deste trabalho.

Segundo Plicka (1974) as zonas de juntas constituem de uma concentração de juntas, com alto ângulo de mergulho (verticais a sub-verticais), espaçadas regularmente (mais ou menos paralelas), estendendo-se ao longo de grandes áreas e grandes distâncias e podendo ainda ter grande extensão vertical. As zonas de juntas podem formar conjuntos em uma determinada direção, delineando feições tectônicas, e nos produtos utilizados são as feições mais marcantes e proeminentes.

2.2.5.2 - ANÁLISE QUALITATIVA DOS FOTOLINEAMENTOS

Baseia-se na análise da distribuição, intensidade e relação das interseções dos fotolineamentos. Esta análise permite obter informações sobre a hierarquia dos esforços que atuaram na região, e consequentemente obter indicação sobre a relação entre os diversos eventos (inclusive sobre suas idades relativas), que resultaram nos atuais sistemas de fraturas.

A análise individual dos sistemas de fraturas permite ter considerações sobre um determinado evento tectônico rúptil ou rúptil-dúctil.

Nesta análise procurou-se estudar a relação entre as grandes unidades litoestratigráficas e um determinado sistema de fraturamento, no intuito de se determinar a idade relativa de um determinado evento.

2.2.5.3 - ANÁLISE QUANTITATIVA DOS FOTOLINEAMENTOS

A análise quantitativa dos fotolineamentos foi processada a partir do tratamento estatístico de fotolinamentos para produtos de pequena escala, proposto por Aliyev (1980), que permite o estudo regional dos eventos da tectônica rúptil e rúptil-ductil.

O método permite ainda estudar os sistemas de fraturas como um todo ou separadamente para uma determinada unidade litoestratigráfica, como também definir os efeitos do controle exercido por falhamentos na distribuição das zonas de juntas.

Na aplicação deste método foi feita a contagem dos fotolineamentos para cada um dos conjuntos de sistemas de juntas definidas. Foi utilizada uma malha de 3cm X 3cm e a interpolação dos dados de maneira manual foi realizada na escala de trabalho 1:250.000.

CAPÍTULO 3

CARACTERÍSTICAS DOS PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO UTILIZADOS: IMAGENS LANDSAT E DE RADAR

3.1 - DADOS FUNDAMENTAIS

As características dos produtos fotográficos de sensoriamento remoto utilizados, estão diretamente relacionados com as faixas do espectro eletromagnético (Figura 3.1) que eles registram e o tipo de recursos utilizados para este registro.

Fig. 3.1 - Características espectrais das principais fontes de energia eletromagnética (Sol e Terra), da transmitância atmosférica e faixas de atuação dos sistemas sensores.

FONTE: Lillesand e Kiefer (1979).

Os resultados da interpretação destes produtos são decorrentes das suas características e as escolhas dos produtos deve estar

relacionada com os objetivos do trabalho e com as características da área de estudo.

As características dos produtos variam em função dos seguintes fatores:

- resolução (espacial, espectral e temporal);
- tipo da plataforma (aeronave, satélite etc.);
- sistema de coleta de dados (passivos: câmaras fotográficas, televisão, imageadores multiespectrais etc.; ativos: radar).

Tais características devem ser consideradas antes do início de um determinado trabalho, de acordo com os seus objetivos, que em conjunto com as características da área deverão orientar a escolha dos tipos de produtos a serem usados. Na utilização de produtos em pequena escala, como neste trabalho, uma limitação principal é dada pelas próprias estruturas geológicas, que devem ser proeminentes o bastante para se conseguir uma contribuição efetiva.

Dessa maneira deve-se levar em conta os seguintes parâmetros dos principais produtos de sensoriamento remoto utilizados neste trabalho.

● Resolução espectral

Os alvos naturais possuem comportamentos espectrais característicos segundo suas capacidades de refletir a energia que incide sobre eles.

A reflectância espectral é a razão entre a energia refletida e a energia incidente sobre o corpo e caracteriza espectralmente cada alvo (Figura 3.2).

Nas imagens fotográficas LANDSAT a reflectância espectral está representada sob a forma de tonalidades de cinza.

No caso das imagens de radar não se pode falar em resolução espectral, pois o que determina suas tonalidades de cinza é a ruguidade do terreno.

Fig. 3.2 - Curvas típicas da reflectância espectral para os principais alvos da superfície terrestre: solo, vegetação e água.

FONTE: Lillesand e Kiefer (1979).

• Resolução espacial

A tonalidade de cinza de cada ponto da imagem LANDSAT corresponde ao valor da radiância do elemento de resolução no terreno (ERT) que possui dimensões ao redor do valor médio de 79 m X 79 m para o MSS, de 30 m X 30 m para o TM e de 40 m X 40 m para o RBV.

A resolução, de uma maneira grosseira, pode ser considerada como a densidade de pontos discerníveis na imagem.

Apesar desta característica ser pré-estabelecida para cada sensor, alvos que tenham dimensões menores que o ERT podem ser distinguíveis. Por exemplo estradas, aluvião, matas galerias são feições que apresentam alto contraste em relação as que lhe são vizinhas, permitindo assim que sejam distinguidas.

Por outro lado, o inverso pode ocorrer. Unidades litológicas com características físico-químicas semelhantes e com cobertura vegetal homogênea, não serão distinguíveis, mesmo que a espessura de

seus estratos ultrapasse as dimensões mínimas exigidas pela resolução espacial do sistema (Veneziani, 1986).

• Resolução temporal

Relaciona-se à repetitividade de imageamento de uma mesma área do terreno, sendo para os satélites LANDSAT 1, 2 e 3 de 18 em 18 dias e para os satélites LANDSAT 4 e 5 de 16 em 16 dias.

3.2 - IMAGENS MSS/LANDSAT

As imagens MSS (Multispectral Scanner System) do sistema LANDSAT, apresentam várias características importantes para o mapeamento geológico-estrutural regional. A visão sinótica (cada cena cobre uma área de 185 km X 185 km) permite por exemplo, que se acompanhe um lineamento em parte ou em toda a sua extensão. Além disso, o caráter multiespectral (Figura 3.3) dá a possibilidade de escolha do melhor canal para a fotointerpretação visual, bem como a possibilidade de realce destas feições pela combinação de vários canais, através do tratamento digital, pelo Sistema Interativo de Análise de Imagens (I-100), instalado no INPE/SJCampos ou pelo sistema de tratamento de imagem (SITIM) instalado no Laboratório Regional de Campina Grande (LRC).

A repetitividade de imageamento é outra característica importante, pois oferece ao fotointérprete a oportunidade de escolha da melhor época para a observação das feições de interesse.

Segundo Sabins (1978) a grande desvantagem das imagens MSS é a resolução espacial de 79m X 79m que na prática fica em torno de 200m a 250m, embora quando o contraste é grande, pequenos alvos da ordem de algumas dezenas de metros podem ser identificados. Outro fator limitante é a falta de visão estereoscópica.

3.3 - IMAGENS RBV/LANDSAT

As imagens RBV (Return Beam Vidicon) utilizadas foram geradas por cameras de televisão instaladas no LANDSAT-3. Cada subcena

(ou imagem) RBV cobre uma área de 94km X 94km, sendo necessárias 4 subcenas RBV para cobrir uma mesma área de uma cena MSS.

São imagens pancromáticas e abrangem somente a faixa do espectro visível no intervalo de 0,5 μ m a 0,75 μ m. Segundo Cochrane e Browne (1981), um dos objetivos das imagens RBV/LANDSAT era fornecer informações suplementares às obtidas através das imagens MSS.

Uma de suas vantagens é a resolução espacial de 40 metros além da repetitividade característica das imagens LANDSAT e da visão sinótica. Uma grande desvantagem é a falta de visão estereoscópica.

Fig. 3.3 - Reflectância de alvos naturais e os canais do MSS/LANDSAT.

FONTE: Steffen e Souza, 1980.

3.4 - IMAGENS TM/LANDSAT

As imagens TM (Thematic Mapper) são de melhor resolução espectral que as MSS, pois são apresentadas em 7 canais: 3 na região do visível; 3 na região do infravermelho refletido e 1 na região do infravermelho termal (Figura 3.4). A resolução espacial dos canais TM para as regiões do visível e infravermelho refletido é de 30 metros. Para o canal termal a resolução espacial é de 120 metros.

As principais aplicações das imagens TM/LANDSAT são as seguintes:

- Canal 1 - 0,45 μ m a 0,52 μ m - visível - projetado para mapeamento de águas costeiras, diferenciação entre solo e vegetação, e entre tipos de vegetais.
- Canal 2 - 0,52 μ m a 0,60 μ m - visível - projetado para estudar a reflectância da vegetação sadia.
- Canal 3 - 0,63 μ m - 0,69 μ m - visível - é o canal mais importante para o estudo da vegetação. É a banda de absorção da clorofila.
- Canal 4 - 0,76 μ m - 0,90 μ m - infravermelho refletido - projetado para auxiliar nos trabalhos que envolvem cálculos de biomassa e discriminação de corpos de água.
- Canal 5 - 1,55 μ m a 1,75 μ m - infravermelho refletido - projetado para fornecer informação a respeito da umidade do solo e da vegetação e do tipo de cultura.
- Canal 6 - 10,4 μ m a 12,5 μ m - infravermelho termal - projetado para auxiliar na classificação vegetal, análise de "stress" na vegetação, observação da umidade de solos e outros mapeamentos de fenômenos termais.
- Canal 7 - 2,08 μ m a 2,35 μ m - infravermelho refletido - projetado para mapeamento de formações rochosas.

Fig. 3.4 - Bandas espectrais do TM/LANDSAT.

FONTE: Barbosa (1986).

3.5 - IMAGENS SLAR

Os mosaicos de radar SLAR (Side Looking Airborne Radar = Radar de Visada Lateral) apresentam boa precisão geométrica, bom realce das feições morfoestruturais, causado pela iluminação oblíqua (visada lateral), além da vantagem de se obter as imagens independentemente da hora do dia ou das condições do tempo. Foram obtidos na faixa de microondas (3,12cm).

Os mosaicos de radar podem ser utilizados em conjunto com as imagens LANDSAT, e na maioria dos casos estes produtos se completam.

Amaral (1974) faz uma comparação entre o sensor radar e a imagem MSS/LANDSAT, onde apresenta as vantagens e desvantagens dos dois sistemas.

CAPÍTULO 4

GEOLOGIA REGIONAL

4.1 - ARQUEANO INDIVISO

Na área de estudo o Arqueano é considerado indiviso e está representado por rochas do Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais e dos supergrupos Rio das Velhas e Rio Paraúna.

Para o Arqueano da região do Quadrilátero Ferrífero, Espinhaço Meridional e adjacências são conhecidas as seguintes idades:

- 2,7 bilhões de anos no Complexo Bação (Cordani e Brito Neves, 1982);
- 2,8 bilhões de anos entre Juiz de Fora e Barbacena (Cordani et alii, 1973);
- 3,1 bilhões de anos entre Monlevade e Belo Horizonte (Teixeira, 1982);
- 2,8 bilhões de anos e 2,7 bilhões de anos a norte de Mariana (Teixeira, 1982);
- 2,8 bilhões de anos no granito de Gouveia (Brito Neves et alii, 1979);
- 2,8 bilhões de anos no supergrupo Rio Parauna (Brito Neves et alii, 1979).

Análise em granitos, gnaisses da região de Gouveia mostra uma isócrona de referência $T = 1,8$ bilhões de anos, que segundo Brito Neves et alii (1979) mostra a importância do ciclo Transamazônico no embasamento do Espinhaço, na formação de granitos.

Idades Rb/Sr em muscovita no intervalo de 2.760 milhões de anos a 2.675 milhões de anos foram determinadas por Herz (1970) para

as sequências do supergrupo Rio das Velhas em micaxistos e anfibolitos e idades de 2710 a 2495 m.a. para galenas do mesmo supergrupo provenientes da mineração Morro Velho (Thorpe et alii, 1984).

4.1.1 - COMPLEXO MIGMATITO-GRANULÍTICO DE MINAS GERAIS

Desde os trabalhos de Eschewege (1822 e 1833), Derby (1906), Harder e Chamberlin (1915), Moraes e Guimarães (1930), Guimarães (1931, 1951), Freyberg (1932-1965), Schneiderhohn (1935) entre outros (in Inda et alii, 1984) que as rochas do Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais que ocorrem em grande parte do leste mineiro incluindo a região do Quadrilátero Ferrífero, têm sido consideradas como embasamento das principais unidades supracrustais arqueanas e proterozóicas.

A primeira subdivisão para este complexo foi proposta por Barbosa (1954) que identificou a série Mantiqueira formada por rochas gnaissicas e a série Barbacena, mais nova, constituída por rochas xistosas. Ebert (1957, 1958, 1963, 1967) considerou as duas séries de Barbosa (1954) como apenas mudanças de facies, mantendo a denominação de Barbacena, mas identificando dois grupos: São João Del Rey e Andrelândia.

Dorr (1969) e Herz (1970) consideraram as rochas gnaissico-migmatíticas da região do Quadrilátero Ferrífero como rochas graníticas, intrusivas ígneas, mais jovens que as rochas do supergrupo Rio das Velhas.

Pflug e Renger (1973); Schorscher (1975); Schorscher e Guimarães (1976); Cordani e Brito Neves (1982) modificaram os conceitos de Dorrr (1969) e Herz (1970) e consideraram este complexo como constituído por rochas metamórficas e ígneas subordinadas, pertencentes a uma crosta arqueana antiga, mas que podem ter inclusões de rochas gnaissico-migmatíticas de idade proterozóica, originada a partir de sedimentos.

Menezes Filho et alii (1977) e Fontes et alii (1978) consideraram toda a região onde ocorrem as rochas do Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais como pertencentes ao pré-Cambriano Indiferen-

ciado, que denominaram de Associação Barbacena/Paraíba do Sul e subdividiram em quatro complexos (Tabela 4.1)

TABELA 4.1.

ASSOCIAÇÃO BARBACENA/PARAIBA DO SUL

COMPLEXO GNAISSICO-MIGMATÍTICO	Biotita gnaisses bandados, biotita granada gnaisses, amfibolitos, rochas calcossilicáticas, xistos (biotita-anfibólito-talco-cianita), silimanita-gnaisses, quartzitos, cata-itabiritos.
COMPLEXO GNAISSICO-KINZIGÍTICO	Gnaisses migmatíticos de composição kinzigítica, biotita gnaisses granatíferos, granitóides e migmatitos associados.
COMPLEXO GRANITÓIDE	Granitóides de composição granítica a quartzo-diorítica, isotrópicos a orientados, localmente porfiroblásticos.
COMPLEXO CHARNOCKÍTICO	Charnockitos com estrutura isotrópica e com foliação gnaissica; rochas gabróides, biotita granada gnaisses, leptinitos.

FONTE: Menezes Filho et alii (1977) e Fontes et alii (1978).

Inda et alii (1984) englobam as rochas descritas por Menezes Filho et alii (1977) e por Fontes et alii (1978), para a região de estudo, no Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais, de idade arqueana com retrabalhamentos nos ciclos Transamazônico e Brasiliano.

4.1.2 - SUPERGRUPO RIO DAS VELHAS

Dorr et alii (1957) definiram a série Rio das Velhas constituída de rochas metavulcânicas e metassedimentares de idade mais antiga que a série Minas e subdividiram-na nos grupos Nova Lima e Maquiné. Schorscher (1978,1979a,b) reconheceu e definiu no vale do Rio Quebra Osso, como sequência inferior desta unidade que elevou a nível de supergrupo, a porção ultramáfica de rochas efusivas (komatitos) com texturas/estruturas "spinifex" entre outras, denominando-a de grupo Quebra Osso.

Ladeira (1981) descreve laja almofadadas do supergrupo Rio das Velhas no distrito de Pitangui.

Simmons e Maxwell (1961) incluíram no topo da série Rio das Velhas os quartzitos do grupo Tamanduã, posteriormente considerados por Dorr (1969) como pertencentes a série Minas. Schorscher (1980) e Schorscher et alii (1982) correlacionaram o grupo Tamanduã com os quartzitos do supergrupo Espinhaço.

Na redefinição do supergrupo Rio das Velhas, Schorscher et alii (1982) introduziram uma divisão tripla que compreende os depósitos de um cinturão de rochas verdes (Tabela 4.2).

Estes depósitos de caráter vulcano-sedimentar distribuem-se na região sul e sudeste de Belo Horizonte e possuem continuação para oeste na região de Juatuba-Pitangui-Pequi (Anexo 1).

4.1.3 - SUPERGRUPO RIO PARAUNA

As unidades vulcano-sedimentares e epiclásticas finas a grosseiras que afloram na parte meridional da serra do Espinhaço foram reconhecidas por Derby (1906) que as considerou como rochas correlacionáveis aos xistos da série Minas no Quadrilátero Ferrífero. Autores como Moraes e Guimarães (1930) e Freyberg (1932-1965) também compartilharam da mesma idéia.

Pflug e Carvalho (1964) estudando estas rochas mais profundamente, as denominaram de série pré-Minas.

Scholl e Fogaça (1979) estabeleceram uma correlação entre estas rochas e as rochas do supergrupo Rio das Velhas no Quadrilátero Ferrífero.

TABELA 4.2

COLUNA ESTRATIGRÁFICA RESUMIDA DO SUPERGRUPO RIO DAS VELHAS

SUPER-GRUPO	GRUPO	FORMAÇÃO	LITOLOGIA	AMBIENTE DEPO-SICIONAL	ESPESURA APROX EM METROS
CINTURÃO DE ROCHAS VERDES ("GREENSTONE BELT") RIO DAS VELHAS	MAQUINÉ	CASA FORTE	QUARTZITOS MACIOS E XISTOSOS SERICÍTICOS E CLORÍTICOS COM NÍVEIS INTERCALADOS DE SERICITA E CLORITA-XISTOS E FILITOS. QUARTZITOS, EM PARTE CLORÍTICOS E SERICÍTICOS COM LENTES DE CONGLOMERADOS INTRAFORMACIONAIS MONO- E POLIMÍTICOS (SEIXOS DE "METACHERT", BIFÁCIES CARBONÁTICA, QUARTZO DE VEIO, QUARTZITO, XISTOS, FILITOS, METAMÁFICAS E (?) METAULTRAMÁFICAS) COM PIRITAS DETRÍTICAS E ESTRATIFICAÇÃO CRUZADA DE PORTE DECIMÉTRICO.	DEPÓSITOS TIPO MOLASSA	>600
		PALMITAL	SERICITA-QUARTZO-XISTOS E FILITOS COM MICAS VERDES (CROMÍFERAS) ÀS VÉZES GRAFITOSOS E SUBORDINADAMENTE COM PIRITA E MAGNETITA. LENTES DE QUARTZITOS E GRAUVACAS		~600 A AUSENTE ~1400 MÁX.
	NOVA LIMA	INDIVISO	FILITOS EM GRANDE PARTE CLORÍTICOS, CLORITA-XISTOS, SERICITA-XISTOS, METAPELITOS EM GERAL, METAGRAUVACAS MÁFICAS, METAMÁFICAS DE ORIGEM VULCÂNICA E SUB-VULCÂNICA, METAULTRAMÁFICAS, INTERCALAÇÕES DE FORMAÇÕES FERRÍFERAS (BIF TIPO "ALGOMA") DE FÁCIES CARBONÁTICA, SULFETADA, OXÍDICA E SILICÁTICA, FORMAÇÕES MANGANESÍFERAS, "METACHEIT", FERRUGINOSO, XISTOS GRAFITOSOS, DOLOMITOS, QUARTZITOS. BANCOS CONGLOMERADOS BIMODAIS COM SEIXOS E BLOCOS DE FORMAÇÃO FERRÍFERA EM MATRIZ METAPELÍTICA. ESTRUTURAS DE DEFORMAÇÃO GRAVITACIONAL ("SLUMPING" E "SLIDING").	LOCAL PREDOMINAM CONDIÇÕES DE ÁGUAS PROFUNDAS, DEPÓSITOS TIPO "FLISCH", SEDIMENTOS QUÍMICOS E ATIVIDADES VULCÂNICA E PÓS-VULCÂNICA (HIDROTHERMAL-EXALATIVA) SUBAQUÁTICA.	>4000
	QUEBRA OSSO	INDIVISO	ULTRAMÁFICAS (KOMATIITOS PERIDOTÍTICOS) A MÁFICAS EFUSIVAS E COM TEXTURAS MACIAS METAMÓRFICAS (F. XISTOS VERDES MÉDIO A ANFIBOLITO INFERIOR) C/RARAS INTERCALAÇÕES DE FORMAÇÕES FERRÍFERAS (BIF. TIPO "ALGOMA") E "METACHERT". PREDOMINAM DERRAMES MACIOS COM DISJUNÇÃO POLIEDRAL, "GUEIRAS" DE "SPINIFEX" E BRECHAÇÃO NAS PARTES BASAL E TOPO, ELAVAS BRECHADAS. OCORREM LAVAS ALMOFADADAS, "SPINIFEX", E ROCHAS ULTRAMÁFICAS PIROCLÁSTICAS E AFANÍTICAS (EX-HIALINAS?).	VULCANISMO ULTRAMÁFICO A MÁFICO SUBAQUÁTICO.	>600 MÁX.
CONTATO BASAL (?) TECTÔNICO COM AS LITOLOGIAS DO COMPLEXO MIGMATITO GRANULÍTICO DE MINAS GERAIS.					

FONTE: Inda et alii (1984).

Fogaça et alii (1984) com base em trabalhos anteriores e novos trabalhos de campo e petrográficos denominaram estas rochas de su pergrupo Rio Parauna (Tabela 4.3), e propuseram uma origem de "greenstone belt" para o mesmo e a idade arqueana. Apesar das similari dades existentes entre as rochas dos supergrupos Rio Parauna e Rio das Velhas estes autores não os correlacionaram estratigraficamente, devido a falta de continuidade física.

TABELA 4.3

COLUNA ESTRATIGRÁFICA DO SUPERGRUPO RIO PARAUNA

SUPERGRUPO	GRUPO	FORMAÇÃO	LITOLOGIAS	COLUNA SIMPLIFICADA	ESPESSURA
RIO PARAUNA	COSTA SENA	QUA DEIRINHA	- QUARTZITOS Puros e micáceos c/ estratíf. cruzadas. - QUARTZITOS GROSSEIROS, QTZITOS MICACEOS C/ CIANITA - METACONGLOMERADO POLIMITICO. - QUARTZITOS ROSEOS, QUARTZITOS FERRUGINHOSOS - PROTOQUARTZITOS, QUARTZITOS MICACEOS COM SEIXOS.		100 m 180 m
		BARÃO DO GUAICU	- PROTOQUARTZITOS, QUARTZO XISTOS COM SEIXOS. - MICÁ-QUARTZO XISTOS COM CIANITA, METATUFOS ÁCIDOS. - SERICITA XISTOS, SERICITA-QUARTZO XISTOS, QUARTZO XISTOS, METAVULCANITOS ÁCIDOS. - SERICITA XISTOS, SERICITA-QUARTZO XISTOS, XISTOS VERDES, METATUFOS BÁSICOS.		300 m 1000 m
		DISCORDÂNCIA EROSIVA E ANGULAR (?)
		UNIDADE VULCANO/ SEDIMENTAR	- METATUFOS, METAVULCANITOS ÁCIDOS. - FORMAÇÃO FERRIFERA BANDA DA E SERICITA XISTOS. - SERICITA XISTOS, SERICITA-QUARTZO XISTOS FERRUGINHOSOS, FORMAÇÃO FERRIFERA BANCADA E METACHERTS - METAVULCANITOS ÁCIDOS (RIOLITOS E RIODACITOS), METABÁSICAS, NÍVEIS PIRITOSOS, METATUFOS E ITABIRITOS.		0 m 100 m
	PEDRO PEREIRA	UNIDADE ULTRAMÁFICA	- XISTOS VERDES - METABÁSICAS E METATUFOS BÁSICOS. - TALCO XISTOS, TALCO-CLORITA XISTOS, TALCO-CLORITA SERPENTINITOS		0 m 150 m
		EMBASAMENTO CRISTALINO

FONTE: Fogaça et alii (1984).

4.2 - PROTEROZOICO

Na área de estudo o Proterozóico está representado por ro chas dos supergrupos Minas e Espinhaço do Proterozóico Inferior a Médio e por rochas do supergrupo São Francisco do Proterozóico Superior. Algu- mas poucas idades são conhecidas para os supergrupos Minas e Espinhaço.

Brito Neves et alii (1979) em revisão das datações radiométricas do Espinhaço Meridional, confirmam a idade proterozóica média para o supergrupo Espinhaço, principalmente baseados em datações de zircão (método U/PB) das metavulcânicas ácidas de Conceição de Mato Dentro. No mesmo trabalho referenciam idades K/AR (rocha total) de 2.060 m.a. para metabasitos a sul de Costa Sena. Tais idades antigas foram obtidas também por Teixeira (1985).

Para o supergrupo São Francisco, achados de estromatólitos com idades paleontológicas que variam de 1.000 a 650 milhões de anos são atribuídas às rochas do grupo Bambuí (Moeri, 1972; Marchese, 1974). Paralelamente as idades determinadas por datações radiométricas em calcários deste grupo, acusam um intervalo de 620-600 milhões de anos (Bonhomme, 1976). As datações em filitos da região de Vazante acusam um intervalo de 800 a 600 milhões de anos (Amaral e Kawashita, 1967, in Amaral et alii, 1976).

Teixeira (1985) apresenta uma discussão bastante detalhada sobre as datações radiométricas do grupo Bambuí.

Com base em estromatólitos achados em dolomitos do grupo Macaúbas, foram determinadas idades paleontológicas entre 950-1350 milhões de ano (Scholl, 1976a).

4.2.1 - SUPERGRUPO MINAS

Derby (1906) definiu a série Minas que posteriormente foi detalhada e subdividida por Harder e Chamberlin (1915), Guimarães (1931), Dorr et alii (1957), Dorr e Barbosa (1963).

Dorr et alii (1957) e Dorr (1969) redefiniram a série Minas mantendo a divisão original em três grupos : Caraça, Itabira e Piracicaba de Harder e Chamberlin (1915).

A série Itacolomi de Dorr et alii (1957) e Dorr (1969) é considerada atualmente como grupo independente (Inda et alii, 1984), que compõe a unidade superior do supergrupo Minas.

Schorscher e Guimarães (1976) descreveram unidades adicionais na base do supergrupo Minas na região do Rio Piracicaba - João Monlevade-Itabira-Santa Maria de Itabira, denominando-as de sequência "sequências de xistos verdes" e "sequências de paragneisses".

Trabalhos mais recentes sobre o supergrupo Minas foram publicados por Schorscher et alii (1982), Inda et alii (1984); Dassin et alii (1984), Pflug et alii (1984) entre outros autores.

As Tabelas 4.4 e 4.5 mostram as colunas estratigráficas simplificadas do supergrupo Minas no Quadrilátero Ferrífero e na região de Itabira.

O metamorfismo regional que afetou as rochas do supergrupo Minas, segundo Schorscher et alii (1982) é idêntico ao dos supergrupos Rio das Velhas e Espinhaço, nas respectivas regiões de ocorrências conjuntas.

4.2.2 - SUPERGRUPO ESPINHAÇO

As rochas do supergrupo Espinhaço compreendem as sequências clásticas, vulcânicas e vulcanoclásticas que constituem a serra homônima, que se inicia no Quadrilátero Ferrífero e se prolonga para norte em direção ao Estado da Bahia. O nome geográfico da serra dado por Eschwege (1882, in Schobbenhaus et alii, 1984) foi empregado pela primeira vez com significado estratigráfico por Drapper (1920, in Inda et alii, 1984) quando se referiu aos quartzitos Espinhaço, que posteriormente Moraes Rego (1931) denominou de série Espinhaço.

Derby (1882), Harder e Chamberlin (1915), Rimann (1920), Moraes e Guimarães (1930), Guimarães (1931), Freyberg (1932-1965), Moraes (1937), Barbosa (1954), Pflug (1965) entre outros autores propuseram subdivisões, correlações e modelos evolutivos para as rochas da série Minas.

TABELA 4.4

TABELA 4.5

COLUNAS ESTRATIGRÁFICAS SIMPLIFICADAS E ESQUEMÁTICAS DO SUPERGRUPO MINAS. TABELA 4.4 NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO, SEGUNDO DORR (1969) COM MODIFICAÇÕES; TABELA 4.5 NA REGIÃO DE ITABIRA, MINAS GERAIS, SEGUNDO SCHORSCHER (1975) E SCHORSCHER E GUIMARÃES (1976)

SUPER-GRUPO	GRUPO	FORMAÇÃO	LITOLOGIA	AMBIENTE DEPO-SICIONAL	ESPESSURA APROX. EM METROS
MINAS	ITACOLMI	INDIFERENCIADO	ORTOQUARTZITOS, QUARTZITOS, FILITOS QUARTZOSOS, FILITOS, QUARTZITOS C/ SEIXOS, CONGLOMERADOS.	"MOLASSE- PARÁLICO"	> 1000 ?
	PIRACICABA	SABARÁ	CLORITA-XISTOS, FILITOS CLORÍTICOS, METATUFOS, GRAUVACAS, CONGLOMERADOS, QUARTZITOS, ITABIRITOS.	FLYSCH? EUGEOSSINCLINAL	> 3000
		BARREIRO	FILITOS E FILITOS GRAFITOSOS	SEDIMENTOS DE COBERTURA DE "SHELF" ESTÁVEL	150 LOCAL-TIPO
		TABÓES	ORTOQUARTZITO	//	125 LOCAL-TIPO
		FÊCHO DO FUNIL	FILITOS QUARTZOSOS, FILITOS DOLOMÍTICOS, DOLOMITOS SILICIFICADOS.	//	410 LOCAL-TIPO
		CERCA-DINHO	FILITOS, SERICITA-QUARTZITOS, QUARTZITOS E FILITOS FERRUGINOSOS, "METACHERT", CONGLOMERADOS, DOLOMITOS.	//	~ 600 MÁX. A 150 MÍN.
	ITABIRA	GANDARELA	DOLOMITOS, CALCÁRIOS, ITABIRITOS DOLOMÍTICOS, XISTOS-DOLOMÍTICOS E ITABIRITOS MANGANESÍFEROS, FILITOS, ITABIRITOS, XISTOS VERDES	//	~ 600 MÁX. A AUSENTE
		CAUÊ	ITABIRITOS, ITABIRITOS DOLOMÍTICOS, FILITOS, DOLOMITOS, XISTOS VERDES.	//	~ 500 MÁX. A < 50 MÍN.
	CARAÇA	BATATAI	FILITOS, FILITOS GRAFITOSOS, "METACHERT", ITABIRITOS.	//	~ 250 MÁX. A AUSENTE.
		MOEDA	FÁCIES PARÁLICA-ORTOQUARTZITOS, QUARTZITOS, CONGLOMERADOS, FILITOS FÁCIES DE BACIA-SERICITA-QUARTZITOS, FILITOS QUARTZOSOS, QUARTZITOS.	"SHELF" ESTÁVEL	~ 1000 MÁX. A < 50 MÍN.

CONTATO BASAL TECTÔNICO (DE "NAPPE") COM AS LITOLOGIAS DOS SUPERGRUPOS ESPINHAÇO E RIO DAS VELHAS E DO COMPLEXO MIGMATITO-GRANULÍTICO DE MINAS GERAIS.

● COM PIRITAS DETRÍTICAS.

■ COM BRECHAS INTRAFORMACIONAIS.

SUPER-GRUPO	GRUPO	FORMAÇÃO	LITOLOGIA	AMBIENTE DEPO-SICIONAL	ESPESSURA APROX. EM METROS
MINAS	PARTE SUPERIOR DA SEQUÊNCIA MINAS INCOMPLETA DEVIDO À EROSÃO				
	PIRACICABA	CERCA-DINHO	SERICITA-XISTOS E QUARTZITOS, FREQUENTEMENTE FERRUGINOSOS, "METACHERT", ITABIRITOS POBRES CLÁSTICOS (?)	"SHELF" EM SUBSIDÊNCIA	> 300
	ITABIRA	CAUÊ	ITABIRITOS POBRES A RICOS, RARAMENTE CARBONÁTICOS, HEMATITA RICA, INTERCALAÇÕES FINAS DE FILITOS E METATUFOS (TUFITOS MÁFICOS), NÍVEIS DE RETRABALHAMENTO SINSEDIMENTAR.	ANTIFORMAL NO "SHELF"	~ 500 MÁX. A < 50 MÍN.
	CARAÇA	INDIFERENCIADO	MOSCOVITA-QUARTZO-XISTOS, QUARTZITOS FINOS E MICÁCEOS.	"SHELF"	~ 50
	SEQ. DE XISTOS VERDES	INDIFERENCIADO	CLORITA ± QUARTZO ± PLAGIOCLÁSIO ± BIOTITA ± MOSCOVITA ± CARBONATO ± ANFIBÓLIO-XISTOS C/INTERCALAÇÕES DELGADAS DE QUARTZITOS, TURMALINITOS E SULFETOS DISSEMINADOS. TÔPO DA SEQ. GRAFITOSO; BASE MAIS ARENOSA.	"SHELF" SUJEITO A INTENSA ATIVIDADE VULCÂNICA	< 500 ?
	SEQ. DE PARAGNAISSES	INDIFERENCIADO	METAGRAUVACAS, METARCÓSEOS, PARAGNAISSES COM INTERCALAÇÕES DE MOSCOVITA-QUARTZO-XISTOS, QUARTZITOS MICÁCEOS, CLORITA E/OU BIOTITA-QUARTZO-XISTOS, CALCISILICÁTICAS E "WHITE SCHISTS"	SEDIMENTOS FLUVIAÉIS A LACUSTRINOS DE "RIFT" ATIVO	~ 1500 ?
	COMPLEXO MIGMATITO-GRANULÍTICO DE MG.	INDIFERENCIADO	MIGMATITOS, GNAISSES METATÉTICOS, GRANULITOS, ANFIBOLITOS POLIMETAMÓRFICOS E INTRUSIVAS SL. GRANÍTICAS.		
		INDIFERENCIADO			

A estratigrafia básica do Espinhaço foi definida por Pflug (1968) que descreveu na região de Diamantina as seguintes oito formações: Rio Pardo Grande; Corrego Pereira; Corrego da Bandeira; Corrego dos Borges; Santa Rita; Galho do Miguel; Sopa Brumadinho e São João da Chapada.

Ainda em 1968, Grossi Sad considerou as unidades da serra do Espinhaço como mais antigas que as da série Minas e as denominou de "série Espinhaço".

O termo supergrupo Espinhaço foi adotado pela primeira vez por Schobbenhaus Filho (1978) e Scholl e Fogaça (1979).

Almeida (1977) atribui idade Uruaçuana ao Supergrupo Espinhaço com reativações no Brasiliano. As Tabelas 4.6, 4.7 e 4.8 mostram as colunas estratigráficas resumidas do supergrupo Espinhaço para várias regiões de Minas Gerais e segundo diversos autores.

4.2.3 - SUPERGRUPO SÃO FRANCISCO

As primeiras notícias sobre os calcários da região da bacia do São Francisco foram dadas por Spix e Martius (1831), Eschwege (1833-1944), Glassen (1841, in Mattos e Cunha, 1977) e Derby (1881-1882). Rimann (1917) foi quem primeiro usou o termo "série de Bambuí".

Branco e Costa (1961) dividiram a série Bambuí da base para o topo em 3 formações: Carrancas, Sete Lagoas e Rio Paraopeba. Braun (1968) resumiu a estratigrafia do Bambuí em três formações da base para o topo: Paranoá, Paraopeba, e Três Marias.

Inda et alii (1984) apresentam a litoestratigrafia dos grupos Bambuí (MG) e Una (BA) em conjunto.

Almeida (1967 e 1977) faz uma descrição da distribuição das rochas do supergrupo São Francisco sobre a região do Craton homônimo.

COLUNAS ESTRATIGRÁFICAS SIMPLIFICADAS DAS SEQUÊNCIAS DA SERRA DO ESPINHAÇO NA REGIÃO DE DIAMANTINA.

TABELA 4.6 - SEGUNDO PFLUG (1968); TABELA 4.7 - SEGUNDO SCHOLL & FOGAÇA (1980); TABELA 4.8 - DAS EXTREMIDADES MERIDIONAIS DA SERRA DO ESPINHAÇO, SEGUNDO SCHORSCHER (1984).

SERIE	FORMAÇÃO	LITOLOGIA	
MINAS	RIO PARDO GRANDE	FILITOS EM PARTE RICHOS EM FERRO E MANGÂNIO COM BANCOS DE QUARTZITOS E DOLOMITOS	3000 m
	CORREGO PEREIRA	SIMILAR A FORMAÇÃO CORREGO DOS BORGES	4000 m
	CORREGO DA BANDEIRA	FILITOS? SILTITOS? LENTES DE QUARTZITOS?	
	CORREGO DOS BORGES	QUARTZITOS PUDOS AS VEZES MICACEOS, RARAS BRECHAS INTRAFORMACIONAIS	
	SANTA RITA	FILITOS E SILTITOS INTERCALADOS	3000
SÃO JOÃO DA CHAPADA	BALHO DO MISUEL	ORTOQUARTZITOS PUROS DE GRANULAÇÃO VARIÁVEL SEIXOS E INTERCALAÇÕES DE FILITOS SÃO RAROS ESTRATIFICAÇÃO CRUZADA É MUITO FREQUENTE	2000
	SOPA-BRUMADINHO	QUARTZITOS, FILITOS, LENTES DE CONGLOMERADOS POLIMICTOS, BRECHAS QUARTZÍTICAS, FILITO HEMATÍTICO	1000
	SÃO JOÃO DA CHAPADA	ORTOQUARTZITOS COM SEIXOS ISOLADOS NA PARTE BASAL, ABUNDANTE ESTRATIFICAÇÃO CRUZADA	0m
PRÉ-MINAS	INDIVISO	MONOMICTOS, ONIQUES ANFIBOLITOS, ROCHAS GRANÍTICAS, FILITOS, MICAXISTOS, QUARTZITOS, ITABIRITOS

SUPERGRUPO	GRUPO	FORMAÇÃO	LITOLOGIA	AMBIENTE DEPOSICIONAL	ESPESURA APROX. EM METROS
ESPINHAÇO	AS FORMAÇÕES SUPERIORES DO SUPERGRUPO ESPINHAÇO NÃO FORAM ENCONTRADAS NAS EXTREMIDADES MERIDIONAIS DA SERRA DO ESPINHAÇO E POSSIVELMENTE FALTAM, DEVIDO A NÃO-DEPOSIÇÃO E/OU EROSIÃO				
	BALHO DO MISUEL	ORTOQUARTZITOS PUROS COM MEGA-ESTRATIFICAÇÕES CRUZADAS (ALTA ATÉ 10m E EXTENSÃO ATÉ 100m), LOCALMENTE COM DELGADAS LÂMINAS DE SERICITA-XISTOS NOS PLANOS DE ACANAMENTO	"SHELF" MAIS PROFUNDO		> 400
	SOPA-BRUMADINHO	QUARTZITOS, AS VEZES FERRUGINOSOS, GROSSEIROS A FINOS, MICACEOS OU NÃO, COM NÍVEIS DE FILITOS/XISTOS SERICÍTICOS INTERCALADOS E LENTES DE CONGLOMERADOS LOCALMENTE DIAMANTINIFEROS OLIGOMICTOS (FACIES ALTA-MIRA, COM SEIXOS DE QUARTZO DE VEIO E QUARTZITO) E POLIMICTOS (SEIXOS DE ITABIRITOS POBRES E RICOS EM FERRO, MINÉRIOS RICOS EM FERRO, QUARTZITOS, "METACHERT" E MUITO RAROS SEIXOS DE ROCHAS GRANÍTICAS DO EMBASSAMENTO)	"SHELF" PASSO SUJEITO A MOVIMENTOS DIFERENCIAIS		~ 120
	SÃO JOÃO DA CHAPADA	QUARTZITOS MICACEOS OU NÃO, AS VEZES CONGLOMERÁDICOS, OU COM SEIXOS ESPARÇOS NA PARTE BASAL DA SEQUÊNCIA (SEIXOS DE QUARTZO DE VEIO, QUARTZITO, FILITOS/XISTOS) FILITOS E FILITOS HEMATÍTICOS EM NÍVEIS INTERCALADOS	"SHELF" PASSO E ATIVIDADE WELCANICA		~ 50
SEQUÊNCIA DE XISTOS VERDES	INDIVISO	CLORITA-ACINOLITA-ALBITA-QUARTZO, QUARTZO-CLORITA, QUARTZO-CLORITA-SERICITA E SERICITA-QUARTZO-XISTOS (FILITOS DERIVADOS DE TUFOS, TUFOS E VULCANITOS?) MÁFICOS A ÁCIDOS, SUBORDINADAMENTE XISTOS E FILITOS METAPÉLITICOS GRANITÓFOS E XISTOS METAPÉLITICOS COM CLORITOIDE	DEPÓSITOS VULCANOCLÁSTICOS, VULCÂNICOS E CLÁSTICOS EM ÁGUAS RASAS		~ 100 A 200 A
		COMPLEXO MIGMATITO GRANULÍTICO DE MINAS GERAIS	SUPERGRUPO, IGNEOSTONE BELT DO RIO DAS VELHAS		
ARQUEANO INDIVISO					

FONTE: Inda et alii (1984).

Dardene (1978) concluiu que a unidade Paranoã constitui um conjunto independente e a eleva a categoria de grupo.

Grossi Sad e Quade (1985) com base em trabalhos anteriores propuseram uma nova subdivisão estratigráfica para o grupo Bambuí.

Moraes e Guimarães (1930) definiram a formação Macaúbas na bacia do rio homônimo. Moraes (1932) englobou os conglomerados da formação Jequitaí (Derby, 1881, 1882) na formação Macaúbas. Scholl e Souza (1970) elevaram a formação Macaúbas a categoria de grupo e Pflug e Renger (1973) englobaram este último no supergrupo São Francisco.

Menezes Filho et alii (1977) atribuem para o grupo Macaúbas uma deposição em ambiente costeiro e Karfunkel et alii (1984 e 1985) consideram o grupo Macaúbas como representante de uma sedimentação glacial.

Karfunkel e Noce (1983a,b) correlacionaram o grupo Macaúbas com o grupo São João del Rei em comparações litoestratigráficas.

Uma revisão da bibliografia existente sobre o supergrupo Rio São Francisco é fornecida por Inda et alii (1984). A Tabela 4.9 apresenta a coluna estratigráfica adotada no presente trabalho para o grupo Bambuí, baseada em Inda et alii (1984).

4.3 - ROCHAS MAGMÁTICAS

Na área de estudo inúmeros corpos de rochas básicas e ultramáficas são encontrados. As rochas ultramáficas são metamórficas, e ocorrem em unidades litoestruturais e estratigráficas distintas do pré-Cambriano.

As rochas metaultramáficas pertencem a dois grupos.

O primeiro grupo engloba rochas metaultramáficas arqueanas antigas, polimetamórficas e formam corpos anfibolíticos nos gnaisses e migmatitos do complexo migmatito de Minas Gerais, e podem ser encontradas na região entre Belo Horizonte e Itabira e rochas arqueanas mais novas, como por exemplo os komatitos do grupo Quebra Osso (Schorsch et alii, 1982).

TABELA 4.9

COLUNA ESTRATIGRÁFICA ADOTADA PARA O GRUPO BAMBUÍ

	FORMAÇÕES	LITOLOGIAS
SUBGRUPO PARAÓPEBA	Lagoa do Jacaré (Nhandituba - 1)	Intercalações repetidas de calcários oolíticos e pisolíticos, dolomitos, siltitos e ardósias.
	Serra de Santa Helena	Folhelhos, ardósias, argilitos, siltitos, margas, intercalações de calcários pretos, mármore e filitos.
	Sete Lagoas	Calcários e dolomitos divididos em 5 horizontes (2): A, B, C, D, E.

(1) Nhandituba é o nome utilizado no Vale do Rio São Francisco (Inda et alii, 1984).

(2) Inda et alii (1984)

O segundo grupo engloba as metaultramáficas próterozóicas do tipo alpino (Renger, 1970, 1972; Bastos Neto, 1981; Schorscher et alii, 1982), encontradas ao longo da borda leste do Espinhaço ou intercaladas no próprio Espinhaço ou Minas. Segundo Schorscher et alii (1982) estas rochas possivelmente do manto superior, têm composição residual com cromitos maciços ("podiformes") que não ocorrem nos komatitos.

As rochas básicas (basaltos) e metabásicas (incluindo os anfibolitos) são encontradas na área de estudo cortando e/ou associadas a praticamente todas as unidades pré-cambrianas, exceto nas áreas de ocorrência do supergrupo São Francisco.

As rochas metabásicas arqueanas estão representadas por corpos de anfibolitos polimetamórficos no Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais e pelas metavulcânicas dos supergrupos Rio das Velhas e Parauna.

As rochas metabásicas arqueanas foram designadas por diversos autores de diabásios, gabros metadiabásicos, gabros (Dorr, 1969; Herz, 1970 etc.). Schorscher et alii (1982) sugere que a melhor designação foi a dada por Guimarães (1973, in Schorscher et alii, 1982) - "anfibolitos diabasoides". O metamorfismo que atingiu estas rochas é crescente de oeste para leste e Schorscher et alii (1982) com base nas análises petrográficas descrevem as passagens da facies xisto verde baixa para média. Para o embasamento estes mesmos autores descrevem facies anfibolito baixa.

As rochas basálticas pertencem a dois grupos de idades e composições diferentes. Os mais antigos são considerados de idade pós orogenia Minas-Espinhaço e sofreram o metamorfismo termal do ciclo Brasiliano.

Os mais novos são relacionados ao magmatismo mesozóico relacionado a reativação da plataforma Sul-Americana (Schorscher, 1975 e Schorscher et alii, 1982).

4.4 - ASPECTO DA EVOLUÇÃO TECTONO-GEOLÓGICA REGIONAL

A parte leste do Estado de Minas Gerais, incluindo a área de estudo, caracteriza-se do ponto de vista geológico por uma evolução complexa, policíclica com eventos orogenéticos pré-cambrianos superimpostos e reativações tectono-magmáticas fanerozóicas (Inda et alii, 1984).

O Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais (Inda et alii, 1984) de idade arqueana com retrabalhamento nos ciclos transamazônico e Brasileiro ainda está pouco estudado. As informações existentes, são de caráter local, e contribuem pouco para a elucidação da sua evolução tectono-geológica.

Na região do Quadrilátero Ferrífero e Espinhaço são encontrados gnaisses cinzentos, descritos por Guimarães e Leinz (1951) de idade pré-Algomaniana, ricos em biotita e plagioclásio e com inúmeros veios pegmatíticos e dobras plegmáticas. Gair (1962), Herz (1970) e Schorscher et alii (1982) sugerem para estes gnaisses uma origem crustal a partir de material da crosta sílica média-profunda. Segundo Gair (1962) e Herz (1970) alguns gnaisses são verdadeiramente ígneos em um determinado estágio de seu desenvolvimento e mostram estruturas de fluxo, apesar de próximo a estes existirem gnaisses com camadas ricas em quartzo e mica que por sua vez sugerem uma origem sedimentar. Já Schorscher et alii (1982) mostraram que os gnaisses e migmatitos de origem supracrustal se presentes na área, são raros.

O Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais segundo Inda et alii (1984) foi afetado após os processos genéticos primários, por três eventos geotectônicos principais: orogenia Rio das Velhas, orogenia Minas-Espinhaço; eventos termotectônicos brasileiros.

Nas sequências vulcano-sedimentares do supergrupo Rio das Velhas, originadas em um cinturão de rochas verdes, em alguns poucos casos são observadas estruturas policíclicas que indicam a existência de um dobramento interno correlacionável à orogênese Rio das Velhas (Inda et alii, 1984).

A orogenia Rio das Velhas resultou em retrometamorfismo em condições de facies xisto verde, mascarado pelos eventos proterozóicos semelhantes da orogenia Minas Espinhaço que afetou este complexo arqueano, progressivamente de oeste para leste com efeitos desde retrometamórficos a progressivos, chegando a desgranitização e granulitização.

A orogenia Minas-Espinhaço afetou intensamente as rochas do supergrupo Rio das Velhas, causando o paralelismo frequente das xistossidades das rochas do supergrupo Rio das Velhas e do supergrupo Minas, e culminou posteriormente com a colocação de "nappes" das estruturas alóctones Minas, no Quadrilátero Ferrífero e obducção crustal ao longo da borda leste da serra do Espinhaço (Schorscher, 1975). Blitzkow et alii (1979) através de dados geofísicos determinaram uma espessura crustal maior entre Itabira e Guanhães, corroborando assim com a idéia de obducção crustal de Schorscher (1975).

Padilha (1982); Hackspacher (1980); Pires et alii (1984); Quémeneur (1984); Sadowski et alii (1984); Herrgesell (1985) entre ou tros mostram conceitos mais recente sobre a evolução tectônica dos supergrupos Minas e Espinhaço. O conceito aloctone (Quémeneur, 1984; Herrgesell, 1985), é confirmado também em dados de sensores remotos (Santos, 1986) que evidenciaram fraturamento distinto no embasamento alóctone e na cobertura Minas alóctone e explicam na região do Quadrilátero Ferrífero os contatos tectônicos e a superposição do Minas ao Espinhaço, e a sequência incompleta do Minas naquela região em comparação com a região de Itabira.

Segundo Dorr (1969) que considerou os sedimentos Minas autoctones, o primeiro evento deformacional pós-sedimentação (Minas) está relacionado provavelmente a soerguimentos do embasamento, como o "uplift" parcial do complexo Bação.

Com o advento da descoberta de lavas komatíticas na porção leste do Quadrilátero Ferrífero a interpretação da história evolutiva desta área teve novas conotações.

Schorscher (1978; 1979a,b; 1980) e Schorscher et alii (1982) reconhecem e consideram o terreno de cinturão de rochas verdes

Rio das Velhas mais jovem que os terrenos gnaissicos-migmatíticos vizinhos. Estes autores consideram que o cinturão de rochas verdes teve seu início em um ambiente de crosta siálica submersa devido a ausência de material clástico grosseiro. Já os sedimentos clásticos grosseiros do grupo Maquinê, sequência superior do cinturão de rochas verdes, indicaram o soerguimento dos granitoides embasamentais causando ambiente deposicional de águas rasas, com alta energia, mas em condições redutoras devido a presença e conservação de pirritas detríticas.

No proterozóico inferior a médio, instalou-se nesta região a bacia sedimentar Minas-Espinhaço a partir de um rift intracontinental que evoluiu para uma margem continental ativa, sendo que as sequências clásticas finas e químicas do supergrupo Minas representam a zona distal da bacia plataformar - "shelf basin" e os sedimentos clásticos grosseiros do supergrupo Espinhaço a zona proximal (Schorscher et alii, 1982; Harder e Chamberlin, 1915).

Dorr (1969) considerou a sequência Minas mais jovem que a sequência Espinhaço. Almeida (1977) inverteu esta colocação.

Pflug (1965), Renger (1970), Pflug e Renger (1973) consideraram para a evolução da região do Espinhaço o modelo ortogeossinclinal de Stille (1963, in Abouin, 1965) que explicaria a sedimentação Espinhaço em zonas externas penecontemporânea do supergrupo Minas em zonas intermediárias-transicionais e facies Guanhões em zonas internas.

Algumas evidências fortes existem para a explicação de uma bacia única para a formação das sequências Espinhaço-Minas. A não existência de contatos normais entre as duas unidades sugere transição por mudança faciológica horizontal em direção ao interior da bacia. Os conglomerados intraformacionais da formação Sopa Brumadinho exibem seixos de itabiritos com origem no grupo Itabira, que por sua vez mostra retrabalhamentos intraformacionais tanto na formação Cauê como na formação Gandarela.

A sedimentação Minas inicia-se com grauvas, arcóseas, quartzitos (sequências de paragneisses na região de Itabira-Santa Maria de Itabira) representando ambientes fluviais e lacustrinos de "rift"

(Schorscher, 1975; Schorscher e Guimarães, 1976) passando a um ambiente de "shelf" ativo sujeito a intensa atividade vulcânica (Schorscher e Guimarães, 1976) onde são encontrados xistos, quartzitos, sulfetos disseminados e rochas grafitosas (sequência xisto verde na região de Itabira-Santa Maria de Itabira). Com a continuação do ambiente marinho de sedimentação "shelf" formam-se os depósitos Caraça que passam a sedimentos pelíticos e químicos dos grupos Itabira e Piracicaba, sendo os primeiros de ambiente marinho antiformal com níveis de retrabalhamento/sin-sedimentar e alguma evidência de atividade vulcânica. A seguir, ocorre subsidência da bacia e em ambiente eugeossinclinal de águas profundas formam-se os depósitos Sabará em regime de correntes turbidíticas e de intenso vulcanismo (Gair, 1962; Inda et alii, 1984).

Os depósitos do supergrupo Espinhaço têm seu registro inicial na sequência de xistos-verdes (Kneidl e Schorscher, 1972) que teve sua deposição em ambiente de água rasa, em regime de vulcanismo intenso. Após o que, instala-se o ambiente "shelf" proximal de águas rasas, ainda tendo alguma atividade vulcânica, mas com predominância da deposição de sedimentos clásticos, representados pelas rochas do grupo São João da Chapada (correlacionáveis como equivalentes faciais ao grupo Caraça). Com a continuação da evolução da bacia, praticamente desaparecem as manifestações vulcânicas, embora continue evoluindo o ambiente de "shelf" tectonicamente ativo de águas rasas onde se depositam os clásticos da formação Sopa Brumadinho (correlacionável ao grupo Itabira). A sequência final na área sul do Espinhaço segundo Schorscher in Inda et alii (1984) termina com as rochas da formação Galho do Miguel representadas por quartzitos com megaestratificações cruzadas, indicando um ambiente de "shelf" de águas mais profundas (correlacionáveis com os clásticos finos e maduros da formação Cercadinho do grupo Piracicaba).

Durante a evolução do eugeossinclinal Minas-Espinhaço verifica-se uma mudança nas condições ambientais de redutoras para oxidantes, como atestam principalmente as piritas detríticas do Grupo Caraça e as facies oxidicas do grupo Itabira (supergrupo Minas) e as piritas oxidadas da formação Sopa Brumadinho (supergrupo Espinhaço) (Inda et alii, 1984).

Com o soerguimento da cadeia Minas ocorreu a subsidência do craton a oeste da Serra do Espinhaço, dando origem no Proterozóico Superior a uma plataforma submersa em um mar epicontinental. Nestas condições epicontinentais estáveis e de bacias marginais depositam-se os sedimentos dos grupos Macaúbas e Bambuí do supergrupo São Francisco. Segundo Hettich (1977) e Karfunkel et alii (1984) os metassedimentos Macaúbas depositados em condições de bacia marginal teriam gênese glacial representando ambientes deposicionais distintos: glácio-terrestre; glácio-lacustrino; glácio-fluvial e glácio-marinho.

Para os metassedimentos do grupo Bambuí é definido um ambiente epicontinental de águas rasas, em condições de reativação sinsedimentares de antigas estruturas, provavelmente sob a forma de movimentos epirogenéticos que diferenciaram a bacia Bambuí em altos e baixos como sugerem a alongação geral NS dos principais corpos carbonáticos (Anexo 1). Beurlen (1974) descreve nas sequências basais do Bambuí brechas tectônicas sinsedimentares indicando elevações no paleorrelevo submarino da bacia Bambuí, formados por atividades tectônicas sinsedimentares.

As rochas dos grupos Macaúbas e Bambuí ao longo da borda ocidental da Serra do Espinhaço foram intensamente fraturadas e dobradas pelo cavalgamento das unidades quartzíticas do supergrupo Espinhaço atribuído ao ciclo Brasileiro por Dossin e Dardenne (1984). Para oeste, a intensidade do dobramento diminui e progressivamente as camadas tornam-se quase horizontais.

Os eventos termotectônicos são relacionados principalmente a reativações das fraturas antigas NS, NW, NE e EW em tempos pós-pré-cambrianos na parte leste da área de estudo e são evidenciados pela distribuição dos basaltos mesozóicos.

CAPÍTULO 5

RESULTADOS

5.1 - GEOLOGIA E CARACTERIZAÇÃO FOTOGEOLÓGICA DAS GRANDES UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

A Tabela 5.1 mostra a coluna estratigráfica adotada no presente trabalho, a partir de dados da literatura, com simplificações e dentro da conceituação anteriormente exposta.

5.1.1 - ARQUEANO INDIVISO

Na área de estudo o Arqueano é indiviso sob os aspectos cronoestratigráficos, sendo representado por rochas do Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais predominantemente, e dos supergrupos Rio das Velhas e Paraúna.

5.1.1.1 - COMPLEXO MIGMATITO GRANULÍTICO DE MINAS GERAIS

Grande parte da área de estudo, principalmente na porção leste, está representada por rochas do Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais.

As rochas deste complexo são caracterizadas por uma evolução complexa policíclica com orogêneses pré-cambrianas superimpostas e reativações fanerozóicas. Assim, através da fotointerpretação de produtos LANDSAT e imagens de radar, de trabalhos de reconhecimento de campo e dados bibliográficos foram individualizados conjuntos litoestruturais com a predominância de certos tipos litológicos de uma maneira semelhante a adotada por Fontes et alii (1978). Os principais conjuntos individualizados foram os seguintes: (Anexo 1)

- Unidade com predominância de granulitos (Anexo 1, Pgt)

Ocorre na porção leste da área em três faixas de direção N-S intercaladas com as unidades com predominância de gnaisses e migmatitos e de granitóides (e migmatitos homogêneos) sendo que a faixa mais ocidental termina a sul de Córrego Novo. O contato com as unidades intercaladas, às vezes é tectônico, por falhas de empurrão de alto ângulo, ou é gradual.

TABELA 5.1

COLUNA ESTRATIGRÁFICA RESUMIDA DA ÁREA DE ESTUDO

IDADE	SUPERGRUPO	GRUPO OU SEQUÊNCIA	FORMAÇÃO	COMPOSIÇÃO LITOLÓGICA SIMPLIFICADA
FANEROZÓICO				Coberturas aluvio-coluvionares do Terciário e Quaternário. Basaltos mesozóicos
(1) PROTEROZÓICO SUPERIOR	SÃO FRANCISCO	BAMBUÍ (SUBGRUPO PARAÓPEBA)	Lagoa do Jacaré	Calcários, dolomitos, siltitos e ardósias
			Serra de Santa Helena	Ardósias, folhelhos, argilitos, siltitos, margas e intercalações de calcário
			Sete Lagoas	Calcários com intercalações de ardósias e siltitos
			Indiviso	Siltitos, folhelhos, ardósias, argilitos, calcários e dolomitos
		MACAÛBAS	Indiviso	Quartzitos, quartzitos conglomeráticos, metagrauvacas, tilitos, siltitos, filitos e xisto verde.
(2) PROTEROZÓICO INFERIOR A MÉDIO	ESPINHAÇO *		Córrego da Bandeira	Filitos e quartzitos finos
			Córrego dos Borges	Quartzitos
			Santa Rita	Filitos e metassiltitos
			Galho do Miguel	Quartzitos
			Sopa Brumadinho	Quartzitos, filitos e metaconglomerados e conglomerados diamantíferos do facies Altamira
	MINAS*	PIRACICABA		Quartzitos, filitos e metagrauvacas

(continua)

(Continuação da Tabela 5.1)

(3)	PROTEROZOICO INFERIOR A MEDIO	MINAS	ITABIRA		Formação ferrífera e dolomitos e calcários
			CARAÇA		Quartzitos, conglomerados e filitos
			SEQUÊNCIA ITABIRÍTICA INDIVISA		Quartzitos, metaconglomerados, filitos, itabiritos, metacherts e lentes de hematita
			INDIVISO		Grupos Piracicaba, Itabira, Caraça, Sequência itabirítica indivisa, sequência de xistos verdes, sequência de paragneisses
	ARQUEANO INDIVISO	RIO DAS VELHAS	MAQUINÉ		Quartzitos micáceos com estratificação cruzada, sericita e clorita xistos, conglomerados com pirita detritica
			NOVA LIMA		Rochas máficas clásticas, vulcano-clásticas, efusivas ígneas e subvulcânicas, básicas a intermediárias e ácidas
			QUEBRA OSSO		Lavase piroclásticas ultramáficas (komatitos) bifs e metacherts
		RIO PARAUNA	INDIVISO		Xistos verdes, sericita xistos, quartzo-xistos, quartzitos ferruginosos e itabiritos metaultramáficos e metavulcânicos máficos e ácidos
		COMPLEXO MIGMATITO-GRANULÍTICO DE MINAS GERAIS			Unidade com predominância de gnaisses e quartzitos
					Unidade com predominância de gnaisses e xistos
					Unidade com predominância de gnaisses e migmatitos
					Unidade com predominância de granitóides e migmatitos homogêneos
					Unidade com predominância de granulitos

(continua)

(Conclusão da Tabela 5.1)

* - Unidades parcialmente contemporâneas

- (1) - Contato tectônico com as rochas do supergrupo Espinhaço e por discordância angular e erosiva, com o supergrupo Rio das Velhas e com o Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais.
- (2) - Os contatos entre os supergrupos Minas e Espinhaço são sempre quando observados tectônicos.
- (3) - Contatos tectônicos com o supergrupo Rio das Velhas, o Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais e o supergrupo Espinhaço.
- (4) - Contatos tectônicos com o Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais.

Baseado em Dorr (1969); Schorscher et alii (1982); Inda et alii (1984); Hasui et alii (1984); Fogaça et alii (1984); Schorscher (1975); Schorscher e Guimarães (1976); Pflug (1968); Scholl e Fogaça (1980).

Esta unidade caracteriza-se em sua maior parte, pela presença de granulitos grosseiros a médios, às vezes porfiroblástico, maciço, e pela coloração característica verde escura. Os principais componentes observados macroscopicamente são o quartzo, feldspatos que às vezes podem chegar a 5-6cm de tamanho, como os observados na região de Inhapim, a biotita, a granada, o piroxênio e o anfíbolio. Em alguns pontos, como na região de Iapu é observada uma grande quantidade de granada. (Anexo 30 e Apêndice 2, ponto 30).

Os granulitos encontram-se comumente muito tectonizados e as vezes também migmatizados. Na região de Inhapim, foram observados xenolitos de gnaisses, na zona de contato desta unidade com as rochas da unidade com predominância de gnaisses e migmatitos. Na região de Iapu, apresentam-se os granulitos em alguns lugares migmatizados e com a presença de veios pegmatíticos às vezes possantes. O material predominante dos veios é o feldspato potássico com a presença de alguma turmalina, e outros menores preenchidos por quartzo feldspato, mica e granada.

As foliações medidas nos granulitos variam desde N10W (a norte de Inhapim) a N70W (a leste de Iapu), sendo que valores comuns situam-se em torno de N50W com mergulhos entre 45° e 70° para NE.

Além dos granulitos ainda encontram-se relacionados a esta unidade, migmatitos com estruturas diversas (sendo comuns as estromática e dobrada) com paleossoma granulítico, gnaisses diversos com granada e "núcleos" granitoides como observados a leste de Caratinga e na região de Taumirim.

Nas áreas de ocorrência dos granulitos o relevo é escarpado, e nas áreas onde ocorrem gnaisses e migmatitos o relevo é mais suave, e é característico um manto profundo de intemperismo (Foto 1.1).

- Unidade com predominância de granitoides e migmatitos homogêneos
(Anexo 1, Pgr)

Esta unidade ocorre em duas regiões da área de estudo. A primeira ocorrência ocupa uma única faixa de direção N-S na região a

leste do Rio Doce. Os contatos são tectônicos com as outras unidades ou gradacionais pelo aumento da migmatização e granitização. Nos lugares onde a granitização foi maior, os granitóides são maciços, embora ainda apresentem um bandamento gnaissico. É comum a presença de pequenos diques de material granítico muito fino.

A segunda ocorrência ocupa uma área muito grande a oeste do Rio Doce, e é considerada por alguns autores (Fontes et alii, 1978 e Veneziani, 1986) como do pré-Cambriano Indiferenciado. Esta área se estende desde o Quadrilátero Ferrífero, ao longo da borda leste da serra do Espinhaço.

Toda esta unidade com predominância de granitóides e migmatitos encontrados na área apresenta características mesoscópicas de um granito-gnaisse (Fontes et alii, 1978). É constituída principalmente de quartzo, feldspato, biotita e anfibólio. A granada é um componente às vezes comum, sendo observada em grandes quantidades na BR-418, e nas regiões de Açucena, Braúnas e Dolores de Guanhanes. Uma das características deste granitóide é a presença da alanita, um dos indicadores da origem dos granitóides S. (Anexo 30 e Apêndice 2, pontos 52 e 246).

Nas áreas onde a granitização foi maior, esta unidade apresenta escarpas nuas em um relevo caracterizado pelas estruturas tipo pão-de-açúcar (Foto 1.3).

Nesta unidade, temos ainda a ocorrência de migmatitos complexos, formados sobre condições altas de plasticidade, gnaisses e alguns núcleos charnockíticos como os observados na região a leste de Dolores de Guanhanes.

- Unidades com predominância de gnaisses e migmatitos (Anexo 1, pgm)

Esta unidade tem uma grande ocorrência na área de estudo, servindo de embasamento às rochas do Quadrilátero Ferrífero e metassedimentos dos supergrupos Minas, Espinhaço e São Francisco. Seus contatos com as outras unidades do complexo cristalino são tectônicos ou gradacionais.

Na porção leste da área de estudo, ocorre ao longo da serra do Espinhaço e em faixas intercaladas com as unidades com predominância de granulitos, granitóides e xistos. Também a encontramos encaixada dentro da unidade com predominância de granitóides desde a região de Braūnas, passando por Mesquita e em direção ao sul até a região compreendida entre Cocaís das Estrelas e Ipatinga. Na região correspondente a folha Belo Horizonte é a única representante do Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais.

É constituída principalmente por biotita-gnaisses bandados e outros tipos litológicos como migmatitos, biotita-granada-gnaisses, gnaisses, migmatitos cataclásticos, e intercalações de xistos e quartzitos. (Anexo 30 e Apêndice 2, ponto 82, 142, 155, 195 e 223).

O bandamento/foliação é a feição estrutural mais marcante e pode apresentar-se plano ou dobrado. A granulação é fina a média e a coloração cinza claro e escuro; as vezes são leucocráticos com abundância de quartzo e feldspato; em alguns lugares ocorre a granada, como na região de Caratinga a sul de São Domingos da Prata; as vezes apresentam-se cataclasados e migmatizados como na região de Parā de Minas.

Veios de quartzo-feldspato (Anexo 30, Apêndice 2, pontos 393 e 394) concordantes e discordantes são comuns como também são observados alguns lopolitos básicos.

Na região de Maravilhas um grande número de diques básicos (em maior número) a (?) ácidos são observados. Estes diques formam grandes elevações alinhadas no relevo, sendo que a vegetação na área está bem relacionada com estas feições. Nas áreas onde ocorrem os diques (?) ácidos, a vegetação é escassa e sobre os diques básicos ela é mais exuberante.

Na região de Taquaraçu de Minas são encontrados inúmeros "diques" de quartzitos, de direção principal NS, variando as vezes para NE as vezes para NW (Anexo 30 e Apêndice 2, ponto 341). Corpos pequenos de intrusões básicas de direção E-W também são encontrados.

Ainda relacionados com o complexo gnaissico-migmatítico encontramos gnaisses-conglomeráticos que segundo alguns autores como (Naqui et alii in Condie, 1981) são importantes no estudo do arqueano, pois estipulam evidências diretas do processo sedimentar no arqueano (Anexo 30 e Apêndice 2, ponto 62).

A presença da alanita (Apêndice 2, ponto 142) nas rochas desta unidade, vem reforçar em parte a idéia de alguns autores sobre a origem sedimentar dos gnaisses cinzentos.

Segundo Fontes et alii (1978) associados a esta unidade ainda ocorrem rochas calcossilicatadas, lentes de mármore, cianita-xistos e silimanita-gnaisses grafitosos.

As áreas ocupadas por esta unidade apresentam um relevo de morros abaulados e vales alongados (Foto 1.2).

- Unidade com predominância de gnaisses e xistos (Anexo 1, Pgx)

Esta unidade ocorre na parte leste da área de estudo e se estende ao longo do vale do Rio Doce de sul para norte.

É formada por biotita-xistos, quartzo mica-xistos, clorita-xistos, xistos grafitosos, além de gnaisses e em alguns lugares migmatitos.

Associados a esta unidade encontram-se vários corpos pegmatíticos, alguns com interesse econômico em pedras semi-preciosas.

Esta unidade caracteriza-se por um relevo pouco ondulado (Foto 1.4). Maiores detalhes podem ser encontrados em Fontes et alii (1978).

- Unidade com predominância de gnaisses e quartzitos (Anexo 1, Pgg)

De ocorrência restrita na área está representada por uma estreita faixa de direção NE, desde a região de Santa Rita até as proximidades de Timóteo.

Na área de ocorrência destes quartzitos na BR-262, observa-se de leste para oeste uma passagem gradual dos gnaisses para o quartzito, pelo aumento da quantidade de quartzo. No topo da serra formada pelos quartzitos estes são de cor branca, de granulação média. Para oeste passam a um gnaiss quartzoso muito fino. Estes quartzitos estão intensamente fraturados e com mergulhos em torno de 30° - 40° para SE. Os quartzitos e os gnaisses finamente bandados são jogados sobre gnaisses intensamente tectonizados e dobrados em dobras isoclinais com vergência para W por uma falha de empurrão de alto ângulo.

As principais características fotogeológicas que permitiram a individualização das rochas do complexo migmatito-granulítico de Minas Gerais foram:

- *Diferenciação morfológica* - caracterizada principalmente pelo seu aspecto estrutural imposto pelo bandamento de suas rochas (principalmente pela presença dos gnaisses bandados) marcante nas imagens LANDSAT e de radar. As lineações de relevo e drenagem neste complexo apresentam-se às vezes de uma maneira caótica, ou às vezes fortemente estruturadas em direções bem definidas. Esta forte estruturação em direções definidas destes elementos é que permitiu a identificação dos grandes falhamentos.

Na definição das unidades deste complexo levou-se muito em consideração as variações morfológicas acentuadas, que posteriormente foram observadas em campo e relacionadas com as unidades fotointerpretadas. As áreas de predominância de granitóides apresentam variações morfológicas grandes, com cristas alongadas, formando as estruturas tipo pão-de-açúcar, entre vales profundos. As unidades com predominância de granulitos já não apresentam variações morfológicas tão acentuadas e as áreas de gnaisses e xistos são as mais calmas do ponto de vista morfológico, pois estão sujeitas a uma erosão mais homogênea.

- *Diferenciação de tonalidades de cinza* - quando se trata do uso de produtos multiespectrais, como as imagens MSS e TM, as diferenciações de tonalidades nos produtos fotográficos é importante. Ela resulta da cobertura vegetal, do teor de humidade etc.,

bem registrados nos canais do visível, principalmente no 5 do MSS e no 3 do TM, que quando aliada ao fator morfológico melhor nos permite definir as unidades litoestratigráficas que nos interessam. Por exemplo a oeste de Coronel Fabriciano as áreas com predominância de granitóides, formam morros elevados, por conseguinte caracterizam áreas com teor de umidade maior e uma vegetação natural mais exuberante. Este dado aliado ao fator morfológico (relevo fortemente dissecado) permitiu separar os granitóides das áreas de predominância de gnaisses e migmatitos, que ocupam regiões morfológicamente mais arrasadas, com uma vegetação natural menos exuberante, que estão representadas nos canais do visível por tonalidades mais claras. Outro exemplo são os diques de quartzitos estudados por Sperber (1975) a NE de Belo Horizonte, na região de Taquaraçu de Minas, que são identificados por suas características fotogeológicas (pares sombra/luz), principalmente impostas pelo relevo.

5.1.1.2 - SUPERGRUPO RIO DAS VELHAS

O supergrupo Rio das Velhas (cinturão de rochas verdes) na área de estudo ocupa a parte sul, sudeste e oeste de Belo Horizonte e a região de Santa Bárbara e Barão de Cocais. Está representado pelos grupos Quebra-Osso, definido por Schorsch (1978), Nova Lima e Maquiné definidos por Dorr et alii (1957). Os contatos com o Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais as vezes são tectônicos.

Na descrição deste supergrupo serão utilizados além dos dados bibliográficos, os dados observados pelo autor em trabalhos de campo (Barbosa et alii, 1982 e 1984).

- Grupo Quebra-Osso (Anexo 1, Aq0)

O grupo Quebra-Osso ocorre em duas estreitas faixas de direção aproximada NE. Seu contato com o grupo Nova Lima as vezes é tectônico, as vezes é gradacional. Consiste de uma sequência inferior ultramáfica com textura/estrutura "spinifex", por lavas brechadas afaníticas-devitrificadas, raras vezes vesiculares, almofadadas, maciças. Tam-

bem são encontrados no grupo Quebra-Osso intercalações (lentes?) de formações ferríferas do tipo algoma com níveis grafitosos e silicosos, como ocorre no leito do rio Quebra Osso. A sul de Caeté, próximo ao contato do supergrupo Rio das Velhas com o embasamento migmatito-gnaissico foram encontradas meta-ultramáficas, com textura microspinfex (Anexo 30 e Apêndice 2, ponto 344).

- Grupo Nova Lima

É o maior representante das rochas do supergrupo Rio das Velhas. Ocupa a região de Caeté, Sabará, Nova Lima, sul de Santa Bárbara e a região de Juatuba, Pará de Minas, Pitangui e Pequi.

Consiste principalmente de uma sequência vulcanoclásticas, constituída de filitos, clorita-xistos, anfibólio-xistos, grauvacas máficas, meta-conglomerados, quartzitos, sedimentos químicos como formações ferríferas tipo algoma e dolomitos e vulcânicas máficas intermediárias a (?) ácidas (Anexo 30 e Apêndice 2, pontos 162, 372, 373, 381 e 392).

Devido ao grande intemperismo e às poucas ocorrências de rochas frescas, principalmente na região do Quadrilátero Ferrífero, observa-se mais constantemente afloramentos de xistos e filitos muito intemperizados, em um relevo arrasado, pouco movimentado.

Outro fato importante na região de Pará de Minas-Pitangui são as grandes ocorrências de agalmatolitos (agregados de cristais de pirofilita $Al(OH)_2 Si_4 O_{10}$, de cor verde esbranquiçada (maiores detalhes em Luz de Paula, 1975). Nesta região são encontrados inúmeros diques de quartzo escuro (pretos) que segundo Luz e Paula (1975) são auríferos. Corpos quartzíticos são encontrados ao longo do Rio Pará, a W de Pitangui e nas Serras da Alegria, do Rio do Peixe, Grande (áreas não estudadas pelo autor) onde também ocorrem formações ferríferas segundo Luz e Paula (1975). Formação ferrífera dobrada, com veios de quartzo também foram observadas a sul de Esmeraldas, na rodovia MG 060.

A sul de Pitangui, entre o rio Pará e São João, a Cia. Morro Velho está pesquisando ouro em duas minas (Mina do Pontal e de Faina) (pontos 372 e 373 - Anexo 30). Diques básicos também são observados.

A leste de Papagaios, na Serra de Boa Vista são encontrados quartzitos maciços com muito quartzo leitoso e cristalino de cor cinza claro (Ponto 391, Anexo 30).

Segundo Luz e Paula (1975) os quartzitos que ocorrem na região de Parã de Minas-Pitangui-Pequi, às vezes contem pirita, tório e urânio.

- Grupo Maquinê (Anexo 1, Ama)

O grupo Maquinê é de distribuição restrita na área de estudo. Ocorre somente na região a SE de Raposo que praticamente está representado por sericita e clorita xistos. As regiões de melhor representação deste grupo, estão a sul, fora dos limites da área de estudo. Maiores detalhes em Santos (1986).

As rochas do supergrupo Rio das Velhas apresentam no geral características fotogeológicas distintas do Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais, no Quadrilátero Ferrífero. Possuem também um relevo movimentado como aquele complexo, mas caracterizado por cristas contínuas e mais longas, orientadas principalmente para NW e as vezes para E-W, intercaladas por vales não muito profundos. A sua tonalidade nos canais do infravermelho próximo (canais 7 do MSS e 4 do TM) é cinza médio. Estão também caracterizadas morfológicamente através do elemento fotointerpretativo assimetria de relevo, que na maioria das vezes apresenta-se fortemente assimétrico.

Na região de Juatuba-Pitangui, caracteriza-se por um relevo mais plano e arrasado, em relação ao Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais, excetuando as serras da Boa Vista, Alegria, do Rio do Peixe, Grande, dos Correias, dos Ferreiras, do Antunes e Conceição do Parã. Porém a sua característica fotogeológica mais marcante é a estruturação de suas lineações de relevo e drenagem para NW.

A partir destas características fotogeológicas, e da análise dos mapas cintilométricos e aeromagnetométricos e de observações de campo, foi possível traçar um contato contínuo entre as rochas do su

pergrupo Rio das Velhas e o embasamento cristalino, desde a região do Quadrilátero Ferrífero até a região de Pequi-Pitangui, através de uma estreita faixa de ocorrência desse supergrupo na região de Sítio Novo entre Juatuba e Pará de Minas.

5.1.1.3 - SUPERGRUPO RIO PARAÚNA (Anexo 1, SGPa)

De distribuição restrita ocorre no extremo norte da área de trabalho, na região a oeste de Itacolomi. É uma sequência constituída de xistos verdes, metatufos, sericita xistos, quartzo-xistos, quartzitos ferruginosos e itabiritos e quartzitos róseos e metaconglomerados monomíticos.

O supergrupo Rio Paraúna, de ocorrência muito restrita na parte norte da área de estudo, foi individualizado somente pelas suas propriedades fotolitológicas: relevo pouco dissecado, estruturado para NW e tonalidade cinza médio.

Esta unidade não foi objeto de estudo do autor. Maiores detalhes podem ser encontrados em Fogaça (1982).

5.1.1.4 - METAULTRAMÁFICAS (Anexo 1, um)

Esta unidade foi delimitada no extremo norte da área de estudo, a leste de Conceição do Mato Dentro e a sul de Itabira. Apresenta características espectrais bem definidas (tonalidades de cinza escuro nos canais do visível do MSS e do TM e tonalidades de cinza claro nos canais do infravermelho próximo) e um relevo bastante dissecado.

Esta unidade não foi objeto de estudo do presente trabalho. Maiores detalhes em Uhlein e Dardenne (1984), Bastos Neto (1981), Uhlein (1981), Assis (1981) e Veneziani (1986).

5.1.2 - PROTEROZOICO INFERIOR A MÉDIO

Aqui incluem-se as rochas dos supergrupos Minas e Espinhaço, em parte penecontemporâneos.

5.1.2.1 - SUPERGRUPO MINAS

As rochas do supergrupo Minas são encontradas a sul e a leste de Belo Horizonte, nas regiões das serras da Piedade, da Paula, do Curral e do Baú, e ao longo de toda a borda oriental da Serra do Espinhaço.

Na área de estudo, em razões da escala de trabalho adotou-se a seguinte divisão para este supergrupo: Indiviso; sequência Itabirítica Indivisa; Grupo Caraça; Grupo Itabira e Grupo Piracicaba.

Os contatos das rochas do grupo Minas na região do Quadrilátero Ferrífero com as rochas do supergrupo Rio das Velhas e com as rochas do Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais é tectônico através de falhas de empurrão de alto ângulo. No restante da área, na região de Itabira, e ao longo de toda a borda leste da Serra do Espinhaço, o contato nem sempre é tectônico.

- Unidade Indivisa (Anexo 1, SGMi)

Esta unidade ocorre na região de Santa Maria de Itabira, Passabem, Ferros, Hematita e na região de Itabira. Nesta unidade foram incluídas as sequências basais do supergrupo Minas (sequência de xisto verde e a sequência de paragneisses) como também outras unidades do supergrupo Minas que devido a escala de trabalho, não puderam ser individualizados.

A sequência de paragneisses é composta por grauvacas, metarcôseos, paragneisses com intercalações de moscovita quartzo-xistos, quartzitos-micáceos, clorita e/ou biotita - quartzo xistos, calciossilicática e "white shists", segundo descrição de Inda et alii (1984). Na região entre a Chapada dos Tanoeiros e Itabira e a oeste de Santa Maria de Itabira (Anexo 30, Apêndice 2, ponto 219) e nos arredores de Santa Maria de Itabira, foram observados pelo autor alguns componentes desta sequência: quartzitos-micáceos e moscovita-quartzo-xistos.

A sequência de xisto verde é composta segundo Inda et alii (1984) por clorita[±] quartzo[±] plagioclásios[±] biotita[±] moscovita[±]

carbonato[±] anfibólio[±] xistos com intercalações delgadas de quartzitos, turmalinitos e sulfetos disseminados, sendo o topo da sequência grafito_{so} e a base mais arenosa. Na região de Santa Maria de Itabira-Itauninha estes xistos apresentam-se muito intemperizados, são de cor verde escura e estão na base do grupo Itabira (?) em contato com os quartzitos deste grupo.

Na região da Serra do Morro Escuro, esta sequência está representada por quartzo-biotita-xisto, onde a biotita é o elemento pre dominante, intercalado com quartzitos. Estes xistos foram ainda observados a sul e a leste de Itabira, e a oeste de Ferros, na estrada que li-ga Ferros a BR-120 e na região de Gomes, a norte de Ferros.

As rochas do grupo Caraça, observadas a leste de Santa Maria de Itabira, representadas por moscovitas-quartzo-xistos; do grupo Itabira, representado por itabiritos pobres na região de Santa Maria de Itabira, Passabem e Hematita; e as rochas do grupo Piracicaba, representadas principalmente por "metachert", também foram incluídas aqui nesta unidade devido a escala de trabalho.

- Sequência Itabirítica Indivisa (Anexo 1, SIT)

Ocorre a norte da área a NE do Morro do Pilar e logo a oeste desta mesma cidade.

A denominação da sequência composta por quartzitos, meta-chert, filitos e formações ferríferas que ocorrem nesta região e mais ao norte fora dos limites da área de trabalho de sequência Itabirítica Indivisa, foi dada por Assis (1981), Uhlein (1981) e Uhlein e Dardenne (1984). Estes autores descreveram os seguintes tipos litológicos da base para o topo:

- quartzitos brancos, sericíticos, finos e laminados, com metaconglomerados polimicticos descontínuos na base;
- filitos-quartzosos prateados e hematíticos cinzas;
- itabiritos com intercalações de anfibolitos, xistos verdes, metarritmitos, lentes de hematitas.

Assim, devido a similaridade litológica descrita pelos autores acima com as unidades basais do supergrupo Minas (grupos Caraça e Itabira) e ainda pelo fato constatado por Bastos Neto (1981) que na região de Diamantina identificou metaconglomerados com seixos de itabiritos, típicos da formação Sopa Brumadinho (Pflug, 1965), que passam gradativamente à sequência Itabirítica Indivisa, o autor deste trabalho incluiu esta sequência como pertencente ao supergrupo Minas.

Na região de estudo, a NE de Morro do Pilar, esta sequência forma uma estreita faixa de direção NW, que na região de Santo Antonio do Rio Baixo, muda bruscamente para a direção E-W. Aqui, esta sequência está jogada sobre as rochas do Complexo Migmatítico-Granulítico de Minas Gerais por falha de empurrão de alto ângulo.

Para oeste da cidade de Morro do Pilar, esta sequência está representada por formações ferríferas, passando a um metaritmito de cor rosa clara a branca, muito intemperizado. No leito do Rio Picão, são observados quartzitos micáceos de cor branca, mas quando intemperizados, ficam com a cor levemente ferruginosa. Estes quartzitos encontram-se intensamente fraturados.

- Grupo Caraça (Anexo 1, Pca)

As rochas do grupo Caraça estão representadas em três estreitas faixas no Quadrilátero Ferrífero. A primeira passa por Sabará; a segunda passa a norte da Serra da Paula e a terceira passa pela Serra do Baú.

No Quadrilátero Ferrífero, as rochas do grupo Caraça representam a unidade basal de toda a sequência Minas. Aqui ela é constituída por quartzitos conglomeráticos, filitos, filitos quartzosos etc.

As rochas deste grupo aparecem ainda a SE de Santa Bárbara e a leste de João Monlevade. As ocorrências da região de Itabira-Santa Maria de Itabira foram descritas na Unidade Indivisa do supergrupo Minas.

- Grupo Itabira (Anexo 1, Pib)

As rochas do grupo Itabira aparecem em quase todas as áreas de ocorrência do supergrupo Minas. É formado por itabiritos (formação ferrífera metamorfozadas na fácies óxido, sendo os principais minerais de ferro e hematita e/ou a magnetita), dolomitos, filitos, e segundo Inda et alii (1984) xistos verdes, rochas vulcânicas básicas a intermediárias e (?) ácidas. Os itabiritos no relevo formam às vezes serras elevadas como a Serra da Piedade. (Fotos 1.5 e 1.6).

- Grupo Piracicaba (Anexo 1, Ppi)

O grupo Piracicaba, na região de estudo é o topo da sequência Minas. Ocorre em toda a área do Quadrilátero Ferrífero, na região de João Monlevade e Itabira. Na região de Santa Maria de Itabira também encontramos ocorrências deste grupo, que foram incluídas na Unidade Indivisa do Supergrupo Minas.

O grupo Piracicaba é representado por filitos, xistos prateados (sua principal característica) e ainda segundo Inda et alii (1984) dolomitos, quartzitos, xistos e grauvacas máficas.

As rochas do supergrupo Minas, no Quadrilátero Ferrífero, caracterizam-se por aspectos fotogeológicos bem distintos dos apresentados pelo Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais e pelas rochas do supergrupo Rio das Velhas. Apresentam-se topograficamente mais elevadas, com declives acentuados das encostas, que possuem intercalações de vales profundos e cristas altas de direção NW. As cristas principais, que se estendem por dezenas de quilômetros, possuem direção NE. Outro fator marcante é a forte estruturação das lineações também de direção NE. Em termos de tonalidades nos canais do visível do MSS e TM, apresentam-se as vezes com tonalidades cinza escuro e as vezes cinza médio para as unidades itabiríticas. Nos canais do infravermelho próximo do MSS e do TM as sequências itabiríticas apresentam-se mais escuras. Esta característica também é observada na região de Itabira.

Para a sequência do supergrupo Minas na região de Santa Maria de Itabira, a principal característica fotogeológica é a forte es

estruturação dos elementos de relevo e drenagem segundo a direção NNE, bem acentuada nos canais 4 do TM, 7 do MSS e nas imagens de radar. A sequência Itabirítica Indiferenciada da região de Morro do Pilar caracteriza-se por escarpas abruptas com a superfície inclinada para NE e E e pela forte estruturação dos elementos de relevo e drenagem na direção NW e pela sua disposição arqueada voltada para SW e S, na região a leste de Morro do Pilar.

5.1.2.2 - SUPERGRUPO ESPINHAÇO

Na área de estudo o supergrupo Espinhaço está representado pelas formações Sopa Brumadinho, Galho do Miguel, Santa Rita, Córrego do Borges e Córrego da Bandeira.

- Formação Sopa Brumadinho (Anexo 1, SB)

É encontrada na região do Quadrilátero Ferrífero em pequenas ocorrências e nas extremidades sul da Serra do Espinhaço representada pelos conglomerados localmente diamantíferos do fácies Altamira (Anexo 1, A) (Sperber, 1975).

Na área de estudo a formação Sopa Brumadinho está representada por quartzitos e conglomerados com "metachert", como ocorre a leste de Santa Bárbara, na região de Florália. Estes quartzitos foram identificados nas imagens TM/LANDSAT por suas características morfológicas.

- Formação Galho do Miguel (Anexo 1, GM)

É a formação de maior expressão na área do Supergrupo Espinhaço. Ocorre desde o Quadrilátero Ferrífero até o extremo norte da área, ultrapassando os seus limites.

Os quartzitos cambotas do grupo Tamanduã definido por Simmons e Maxwell (1961) estão sendo considerados neste trabalho como pertencentes ao grupo Galho do Miguel, por sua semelhança com estes últimos e pela sua posição estratigráfica, visto a ocorrência de conglomerados do fácies Altamira na sua base junto a serra Dois Irmãos.

Esta formação compõe-se de quartzitos finos, quartzitos micáceos na base, com frequentes estratificações cruzadas. As características fotolitológicas desta unidade são bem marcantes nas imagens. No relevo, os quartzitos deste grupo formam constantemente escarpas.

Outro fato importante observado é a grande quantidade de corpos básicos intrusivos fotointerpretados e identificados no campo nas áreas de ocorrência desta formação.

- Formação Santa Rita (Anexo 1, SR)

Constitui-se basicamente por metassiltitos laminados que gradam para filitos quartzosos e quartzitos sericíticos finamente laminados, de cor cinza clara.

Os contatos com a formação Galho do Miguel às vezes são tectônicos por falhas de empurrão de alto ângulo.

Por serem pouco resistentes a erosão estes metassedimentos apresentam contrastes significativos no relevo com os metassedimentos da formação Galho do Miguel, o que facilitou sua individualização nos produtos LANDSAT.

- Formação Córrego dos Borges (Anexo 1, CB)

Ocorre ao longo da borda oeste da Serra do Espinhaço em duas faixas estreitas, intercalando-se com a formação Córrego da Bandeira. Segundo Dinis e Pinheiro (1980) e Pflug (1980) esta formação constitui-se de quartzitos finos ou micáceos, com laminações planoparalelas com metabrechas intraformacionais.

Estes quartzitos foram delimitados nas imagens LANDSAT e de radar pelas suas características, que são cristas alongadas e estreitas. A formação Córrego dos Borges não foi objeto de estudo deste trabalho.

- Formação Córrego da Bandeira (Anexo 1, CBa)

Ocorre na mesma área que a formação Córrego dos Borges em uma única faixa estreita. Segundo Scholl e Fogaça (1979) constitui-se de filitos, siltitos e intercalações lenticulares de quartzitos. As rochas estão bastante deformadas e não preservam as estruturas sedimentares, além da estratificação cruzada.

Sua delimitação na área só foi possível a partir do trabalho de Veneziani (1986). A formação Córrego da Bandeira não foi objeto de estudo deste trabalho.

As rochas do supergrupo Espinhaço possuem características distintas.

A formação Sopa Brumadinho foi discriminada a partir de suas fortes características fotogeológicas (relevo e tonalidade de cinza) apesar de sua restrita ocorrência na área de estudo.

A formação Galho do Miguel, de maior expressão na área de estudo tem propriedades fotolitológicas bem marcantes: relevo fortemente estruturado para NNW, e tonalidade de cinza médio nos canais visíveis do TM e MSS.

A formação Santa Rita caracteriza-se principalmente por zonas mais arrasadas em termos de relevo, pois suas rochas são menos resistentes a erosão. Esta propriedade fotolitológica, aliada a tonalidade de cinza, permitiu que esta formação fosse individualizada sem maiores problemas.

As formações Córrego dos Borges e Córrego da Bandeira, ambas de ocorrência restrita na área de estudo, foram individualizadas somente por suas tonalidades de cinza.

5.1.3 - PROTEROZOICO SUPERIOR

O Proterozóico Superior na área de estudo está representado pelas rochas do supergrupo São Francisco.

5.1.3.1 - SUPERGRUPO SÃO FRANCISCO

Na área de estudo o supergrupo São Francisco está representado pelos grupos Macaúbas e Bambuí.

- Grupo Macaúbas (Anexo 1, GMa)

O grupo Macaúbas na área de estudo ocorre somente em uma estreita faixa ao longo da borda ocidental da serra do Espinhaço, a partir da região de Santana do Riacho para Norte além dos limites da área de estudo.

O grupo Macaúbas não foi objeto de estudo deste trabalho e nos produtos utilizados as propriedades fotolitológicas não mostraram aspectos que o pudesse subdividir nas três formações propostas por Karfunkel e Karfunkel (1977): Formação Califorme, Terra Branca e Carbonita, que correspondem às unidades A, B e C de Hettich (1976).

Assim, no presente trabalho, o grupo Macaúbas é representado por uma unidade Indivisa que foi individualizada a partir da foto interpretação, compilada com dados bibliográficos. Os contatos com as rochas do Supergrupo Espinhaço e do grupo Bambuí são tectônicos, por falhas de empurrão de alto ângulo e de fácil identificação nos produtos LANDSAT e de radar.

- Grupo Bambuí

As rochas do grupo Bambuí ocupam uma extensa região a oeste da Serra do Espinhaço e se estende para Norte e Leste, além dos limites da área de estudo.

Para esta área o grupo Bambuí foi subdividido da base para o topo segundo Amaral et alii (1977) nas formações Lagoa do Jacaré, Serra de Santa Helena e Sete Laboras, todas do supergrupo Paraopeba. Além disso, uma unidade indivisa do subgrupo Paraopeba também foi identificada.

- *Subgrupo Paraopeba Indiviso (GBa(p))* - ocorre ao longo da borda ocidental da Serra do Espinhaço em uma faixa larga de Norte para Sul. É composto por ardôseas, metassiltitos, folhelhos, arcôseos, quartzitos, margas e calcâreos. Caracteriza-se por um grande intemperismo de seus constituintes, excetuando-se os afloramentos de rochas calcâreas que formam corpos alongados na direção N-S.

Nas imagens de radar e LANDSAT esta unidade é bem definida devido a sua textura rugosa em decorrência da grande quantidade de fraturamento encontrado na área.

O subgrupo Paraopeba Indiviso caracteriza-se pelas propriedades fotolitológicas representadas por um relevo movimentado e fortemente estruturado para N e NW e pela rede de drenagem e por um grande número de lagos de diversos tamanhos que se desenvolveram em sua área de ocorrência. As características fotolitológicas da formação Serra de Santa Helena são dadas pelo relevo característicos dos calcâreos da região que se apresentam sempre elevados no terreno, devido a sua maior resistência a erosão. Já a formação Lagoa do Jacaré, caracteriza-se por um relevo mais plano e por tonalidades de cinza mais homogêneas.

- *Formação Sete Lagoas (Anexo 1, GBa(L))* - é formada por calcâreos de diversos tipos com intercalações de ardôcias e siltitos. O calcâreo é escuro, maciço, fraturado, às vezes apresentando calcita recristalizada. Nas imagens LANDSAT e de radar esta formação é identificada principalmente pelo relevo.
- *Formação Santa Helena (Anexo 1, GBa(h))* - é constituída por ardôcias, folhelhos, argilitos, às vezes com finas intercalações de calcâreo. Caracteriza-se por um relevo plano, com uma cobertura laterítica muito intensa. As ardôseas são laminadas e em diversas áreas da região são exploradas economicamente. Suas propriedades fotolitológicas são refletidas principalmente pela drenagem e a tonalidade de cinza.

- *Formação Lagoa do Jacaré (GBa(j))* - é constituída segundo Amaral et alii (1977) por calcários oolíticos e maciços intercalados com siltitos e ardôseas. Esta formação não foi objeto de estudo deste trabalho.

A sua identificação nos produtos LANDSAT e radar também foi feita pela drenagem e pela tonalidade de cinza.

5.1.4 - ROCHAS MAGMÁTICAS

As rochas basálticas - b (Anexos 1 e Apêndice 2, pontos 199 e 215) pós-tectônicas foram identificadas a partir da compilação bibliográfica e dados fotolitológicos das imagens LANDSAT e radar. Os anfibolitos - a (Anexo 1) que ocorrem principalmente entre Rio Piracicaba e Itabira e a oeste de Caeté, foram separados nas imagens de radar e LANDSAT pelas suas formas de relevo. Os metadioritos e os metaquartzodioritos - al (Anexo 1) foram identificados principalmente com base nos dados bibliográficos e de fotointerpretação. As rochas metaeruptivas/eruptivas básicas a intermediárias - X (Anexo 1 e Apêndice 2, pontos 328, 338, 432, 434 e 455) pré e pós-tectônicas foram identificadas principalmente por suas características espectrais: tonalidade cinza escuro nos canais do visível do MSS e TM e cinza claro nos canais do infravermelho próximo do MSS e TM. Os diques intrusivos básicos e ultrabásicos - d (Anexo 1) foram identificados pelos realces que apresentam no relevo, da mesma forma ocorrendo com alguns poucos corpos pegmatíticos passíveis de discriminação nos produtos de sensoriamento remoto de baixa resolução.

As rochas magmáticas não foram alvo de estudo deste presente trabalho. Maiores detalhes em Renger (1970, 1972); Schorscher (1975); Schorscher et alii (1982); Inda et alii (1984).

5.1.5 - COBERTURAS TERCIÁRIAS-QUATERNÁRIAS

Coberturas detríticas desenvolvem-se preferencialmente sobre as unidades do subgrupo Paraopeba e são constituídas basicamente de sedimentos siltico e arenoso fino, que na superfície formam um solo argiloso de cores variando do branco amarelado a amarelado com tonalidade

des avermelhadas (Menezes Filho et alii, 1977). Estas coberturas no mapa fotogeológico integrado não foram individualizadas.

Depósitos aluvionais pleistocênicos-holocênicos constituem as planícies de inundação que bordejam os principais cursos d'água e são constituídos de sedimentos areno-argilosos, com níveis conglomeráticos (Inda et alii, 1984).

5.2 - ANÁLISE DE FRATURAMENTO

A partir do mapa de fotolineamento na escala de 1:250.000 (Anexo 2) definiu-se os principais alinhamentos (Anexo 3) na área de estudo, através dos feixes de fraturas, os quais foram interpretados com apoio dos dados bibliográficos e geofísicos. Este procedimento permitiu definir importantes elementos estruturais, principalmente os grandes falhamentos e as principais direções de fraturamento que condicionaram o processo evolutivo da área.

A análise da distribuição dos feixes de fraturas identificados mostra a existência de regionalização, e definição das seguintes seis direções preferenciais de esforços que podem indicar relações genéticas e idade relativa dos eventos evolutivos da região:

- $N-S \pm 15^{\circ}$, direção atual das grandes falhas de empurrão de alto ângulo na serra do Espinhaço e no Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais a Leste, e de antigos falhamentos pré-orogênese Minas-Espinhaço;
- $N30^{\circ}E \pm 15^{\circ}$ e $N30^{\circ}W \pm 15^{\circ}$, direções que caracterizam principalmente as direções de eixos de dobras e a direção de foliação principal das rochas do Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais e o condicionamento supracrustais de grau metamórfico mais baixo como as rochas do supergrupo Rio das Velhas;
- $N60^{\circ}E \pm 15^{\circ}$ e $N60^{\circ}W \pm 15^{\circ}$, direções que caracterizam principalmente o condicionamento do cinturão arqueano Rio das Velhas. A direção $N60^{\circ}E \pm 15^{\circ}$ caracteriza a principal direção atual das rochas do supergrupo Minas na parte Sul da área de estudo, no Quadrilátero Ferrífero;

- E-W $\pm 15^{\circ}$, direção que condiciona as unidades arqueanas presentes na área de estudo.

- Análise qualitativa dos fotolineamentos

A análise qualitativa dos fotolineamentos foi feita de maneira individual para cada uma das seis direções determinadas pela análise dos feixes de fraturas.

- Direção N-S $\pm 15^{\circ}$

A análise do mapa de fotolineamentos N-S $\pm 15^{\circ}$ (Anexo 4) mostrou as seguintes características em termos de intensidade, pois tem comportamentos distintos para diversas áreas da região.

- a) Parte leste: área de ocorrência de granulitos, gnaisses, migmatitos e granitóides (região de Caratinga-Iapu)

Nesta área ocorre uma concentração mais ou menos homogênea de fraturas NS, indicando um grau maior de intensidade tectônica nesta direção, pela formação da intensa foliação cataclástica, desenvolvida durante os estágios compressivos que afetaram a região. Para leste, esta intensidade diminui bastante, principalmente na área de ocorrência da unidade com predominância de xistos e gnaisses, voltando a aparecer com um pouco mais de intensidade na região de Coronel Fabriciano onde ocorrem granitóides. Nas áreas de predominância das rochas infracrustais, ela caracteriza a intensa foliação cataclástica relacionada com os grandes falhamentos profundos, de empurrão de alto ângulo, que provocaram o cavalgamento crustal, de Leste para Oeste, colocando lado a lado unidades litoestratigráficas de graus metamórficos diferentes, aos níveis erosionais de hoje. É interessante notar que de Sul para Norte-Nordeste, este fenômeno também ocorre, e já a norte da área de estudo e fora de seu limite não são encontradas as unidades definidas na parte leste, mas sim extensas sequências xistosas indicando um maior soerguimento das regiões sul e leste.

Observações de campo mostram que os falhamentos relacionados com esta direção apresentam mergulho de 50° - 70° a subvertical va-

riando de E para SE. Na região de Inhapim-Iapu-Engenheiro Caldas foram feitas várias medidas com direção aproximada NE, mas com mergulhos variando de 70° a 50° para W e SW. Presume-se que estas medidas estejam relacionadas a flancos (orientais) de dobras sinclinais de grande porte, anteriores aos grandes falhamentos de empurrão.

Esta direção embora bem evidente para determinadas áreas quando analisadas separadamente em termos qualitativos, encontra-se geralmente mascaradas por outras direções, resultantes de eventos tectônicos posteriores. Este fato pode ser constatado pelo diagrama de rosácea (Diagrama 5.1) construído a partir de medidas de fraturas no campo na região de Caratinga. Neste diagrama, a frequência de ocorrência de fraturas NS é menor que as das outras direções. Já no Diagrama 5.2 para região de Inhapim-Iapu-Engenheiro Caldas, a frequência de ocorrência de fraturas NS pode ser considerada alta.

b) Região da Serra do Espinhaço

Nesta área também existe uma concentração mais homogênea das fraturas de direção próxima a NS, caracterizando em parte a foliação dos metassedimentos do supergrupo Espinhaço com direção aproximada NS, com variações para NE e as vezes para NW, e os grandes falhamentos de empurrão de alto ângulo que provocaram cavalgamentos dentro do próprio pacote metassedimentar, como também de toda sequência de rochas do supergrupo Espinhaço sobre as rochas do supergrupo São Francisco.

Em medidas de fraturas no campo verificou-se que a formação Galho do Miguel está mais afetada pelas variações $\pm 15^{\circ}$ da direção N-S que as rochas da formação Santa Rita como mostram os diagramas de Rosáceas 5.3, 5.4, 5.5, 5.6 e 5.7.

c) Parte oeste da área de estudo

Nesta região verifica-se três áreas onde a direção $N-S \pm 15^{\circ}$ está melhor representada; apesar de sua frequência de ocorrência ser baixa. A primeira é ao longo e a leste do meridiano $43^{\circ}45'$. Aqui esta direção nos gnaisses do Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais

evidencia uma faixa de lineamentos N-S, e a disposição N-S de vários "diques" de quartzitos encaixados nos gnaisses.

Diagrama 5.1 - Diagrama de Rosãcea de direção de fraturamento. Área de ocorrência de gnaisses e migmatitos (Pgm) - Região de Caratinga. (130 medidas).

Diagrama 5.2 - Diagrama de Rosãcea de direção de fraturamento. Área de ocorrência de gnaisses e migmatitos e charnokitos, região de Inhapi-Iapu-Engenheiro Caldas. (517 medidas).

Diagrama 5.3 - Diagrama de Rosãcea de direção de fraturamento nas rochas de formação Galho do Miguel para a região de Itambê do Mato Dentro, onde a direção $N-S \pm 15^\circ$ está bem caracterizada. (93 medidas).

Diagrama 5.4 - Diagrama de Rosãcea de direção de fraturamento nas rochas da formação Santa Rita para a região de Itambê do Mato Dentro, onde a direção NS está mais caracterizada, não variando muito no intervalo de $\pm 15^\circ$. (40 medidas).

Diagrama 5.5 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento nas rochas da formação Galho do Miguel e Santa Rita para a região de Itambê do Mato Dentro. (233 medidas).

Verifica-se que quando estas duas formações são colocadas em um único diagrama, a direção N-S tem uma frequência de ocorrência alta, variando dentro do intervalo $\pm 15^\circ$.

Diagrama 5.6 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento total nas rochas da Formação Galho do Miguel. (206 medidas).

Nota-se que apesar da predominância de outras direções, a direção N-S $\pm 15^\circ$ tem uma frequência razoável.

Diagrama 5.7 - Diagrama de Rosãcea de direção de fraturamento total nas rochas da Formação Santa Rita. Nota-se que a direção N-S±15° tem um maior domínio que na Formação Galho do Miguel.(94 medidas)

Na área de ocorrência das rochas do grupo Bambuí ela está relacionada principalmente com os corpos alongados de calcário a leste de Baldin.

O diagrama 5.9 mostra a frequência de ocorrência do fraturamento de direção N-S±15° para a área das rochas gnáissicas e dos "diques" de quartzitos na região de Sete Lagoas-Taquaraçu de Minas-Belo Horizonte, e o diagrama 5.10 mostra a frequência de ocorrência de fraturas de direção N-S±15° relacionada com as rochas do grupo Bambuí na região de Cardeal Mota-Baldin.

A segunda área de concentração de fraturas de direção N-S±15° é observada a oeste da cidade de Jequitibá nas rochas do grupo Bambuí. O diagrama 5.11 mostra a frequência de ocorrência destas fraturas para esta área.

A terceira área de concentração de fraturas de direção N-S±15° é ao longo e a leste do meridiano 44°15', passando pela cidade de Paraopeba. Aqui esta direção afeta parte das rochas do grupo Rio das Velhas, parte dos gnaisses e migmatitos do Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais e parte das rochas do grupo Bambuí, principalmente as áreas de ocorrência de calcários, e está relacionada também com os alinhamentos de direção N-S±15° que se desenvolvem nesta região. Os dia

gramas de Rosãcea 5.12 e 5.13 mostram a frequência de ocorrência de fraturamento relacionados a direção $N-S \pm 15^\circ$ para as rochas dos grupos Bambuí e Nova Lima.

Diagrama 5.8 - Diagrama de Rosãcea de direção de fraturamento nos metassedimentos do Supergrupo Espinhaço. (300 medidas)

Diagrama 5.9 - Diagrama de Rosãcea de direção de fraturamento nos gnaisses da região de Sete Lagoas-Taquaraçu de Minas-Belo Horizonte. (190 medidas)

Diagrama 5.10 - Diagrama de Rosãcea de direção de fraturamento nas rochas do Grupo Bambuí entre Cardeal Mota e Baldin. (212 medidas)

Diagrama 5.11 - Diagrama de Rosãcea de direção de fraturamento nas rochas do Grupo Bambuí a oeste da cidade de Jequitibã. (129 medidas).

mente evidencia uma reativação múltipla para esta direção. De um modo geral, a direção $N-S \pm 15^\circ$ de fraturamento tanto para o Grupo Bambuí, quanto para o Grupo Nova Lima na região de Juatuba-Pitangui é pouco expressiva, estando mascarada por eventos tectônicos posteriores, como mostram os diagramas 5.14 e 5.15.

Diagrama 5.14 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento total nas rochas do Grupo Bambuí. (488 medidas).

Diagrama 5.15 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento total nas rochas do Grupo Nova Lima entre Juatuba e Pitangui. (376 medidas).

d) Para as rochas do Supergrupo Minas

Nos produtos analisados, imagens LANDSAT e radar, a direção $N-S \pm 15^\circ$ não está bem caracterizada nas rochas do Supergrupo Minas. Mas, em campo se fez as seguintes observações:

- Esta direção no Quadrilátero Ferrífero, determina uma das principais direções de fraturamento, (Diagrama 5.16) em torno de $N10^\circ E$ com mergulhos maiores que 60° para E e SE, ou em torno de $20^\circ-50^\circ$ para NW.
- Estas fraturas na maioria das vezes cruzam quase que perpendicularmente a foliação. Por exemplo, é comum observar-se fraturas paralelas a foliação de direção aproximada E-W cortadas por fraturas de direção aproximada N-S como na região da serra da Piedade.
- Na região de Itabira também verificou-se em campo, que a direção $N-S \pm 15^\circ$ também é uma das direções principais de fraturamento (Diagrama 5.17) mas aqui os mergulhos para NW são bem mais acentuados.
- Na região de Santa Maria de Itabira-Passa-bem-Ferros, verificou-se em campo que a direção de fraturamento $N-S \pm 15^\circ$ não é muito expressiva, como mostra o diagrama 5.18.
- Na região de Morro do Pilar, um número maior de fraturas com direção $N-S \pm 15^\circ$ foi constatado, (Diagrama 5.19), mas com variação maior para $N10^\circ W$.

Um fator comum às fraturas de direção $N-S \pm 15^\circ$ encontradas nas diversas áreas de ocorrência das rochas do supergrupo Minas foi a não observância em campo de evidências de tectonismo compressivo. Outro fato interessante é que quando se montou o diagrama de fraturamento $N-S \pm 15^\circ$ para todas as áreas de ocorrência das rochas do Supergrupo Minas na região de estudo (Diagrama 5.20), verificou-se que esta direção tem praticamente a mesma frequência de ocorrência que as outras direções encontradas neste supergrupo.

Diagrama 5.16 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento das rochas do Supergrupo Minas no Quadrilátero Ferrífero. (140 medidas).

Diagrama 5.17 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento em área de ocorrência das rochas do Supergrupo Minas, na região de Itabira-João Monlevade. (114 medidas).

Diagrama 5.18 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento nas rochas do Supergrupo M̄I nas na região de Santa Maria de Itabira-Passabem-Ferros. (354 medidas).

Diagrama 5.19 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento nas rochas do Supergrupo M̄I nas na região de Morro do Pilar. (54 medidas).

Diagrama 5.20 - Diagrama de Rosãcea de direção de fraturamento total das rochas do supergrupo Minas na área de estudo. (662 medidas).

Para as rochas do supergrupo Rio das Velhas esta direção ($N-S \pm 15^{\circ}$) não é sua melhor característica, como mostram os diagramas 5.21 e 5.22. Também este fato pode ser constatado no diagrama de Rosãcea de fraturamento total para as rochas dos supergrupos Minas e Rio das Velhas (Diagrama 5.23).

Diagrama 5.21 - Diagrama de Rosãcea de direção de fraturamento total para as rochas do supergrupo Rio das Velhas no Quadrilátero Ferrífero. (122 medidas).

Diagrama 5.22 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento total das rochas do supergrupo Rio das Velhas. (Quadrilátero Ferífero e região de Juatuba-Pitangui-Pequi). (929 medidas)

Diagrama 5.23 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento total para as rochas dos supergrupos Rio das Velhas e Minas. (1220 medidas).

- Direção $N30^{\circ}E \pm 15^{\circ}$ e a Direção $N30^{\circ}W \pm 15^{\circ}$

Estas duas direções estão bem distribuídas pela área de estudo (Anexos 5 e 6).

A direção $N30^{\circ}E \pm 15^{\circ}$ está melhor representada nas áreas de ocorrência das rochas do Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais, das rochas do supergrupo Espinhaço e das rochas do supergrupo Minas. Nas áreas de ocorrências das rochas do grupo Bambuí esta direção não está bem representada.

A direção $N30^{\circ}W \pm 15^{\circ}$ tem boa representação nas áreas de ocorrência das rochas do Grupo Bambuí, na região da serra do Espinhaço, nas áreas de ocorrência das rochas dos supergrupos Rio das Velhas e Minas, e é um pouco menos representativa na parte oriental da área de estudo, a leste do Rio Doce.

- Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais

Estas direções caracterizam direções de eixos de dobras de migmatitos e gnaisses, bem como direções das foliações.

Na região a norte de Inhapim, estas direções estão associadas a falhamentos NNE e NNW. O diagrama 5.2 mostra que as duas direções apresentam praticamente a mesma frequência de ocorrência.

As fraturas com direção aproximada $N30^{\circ}E \pm 15^{\circ}$ têm mergulhos entre 55° a subvertical para NW, e podem as vezes estar preenchidas por material pegmatítico.

As fraturas com direção aproximada $N30^{\circ}W \pm 15^{\circ}$ possuem mergulhos entre 20° e 55° para NE e geralmente formam uma série. Algumas podem ter mergulhos entre 70° a subvertical para NE, e geralmente encontram-se preenchidas por quartzo ou material granítico leucocrático.

As fraturas com direção aproximada $N30^{\circ}W \pm 15^{\circ}$, com mergulhos para SW e as fraturas de direção $N60^{\circ}W \pm 15^{\circ}$ com mergulhos para NE

constituem sistemas conjugados, formando um ângulo entre elas de aproximadamente 45° .

A direção $N30^{\circ}E \pm 15^{\circ}$ aparece fortemente estruturada nas imagens de radar e LANDSAT em uma estreita faixa ao longo da falha de empurrão de alto ângulo que se desenvolveu dentro da unidade com predominância de gnaisses e quartzitos (Pgq) que passa pela cidade de Coronel Fabriciano.

Nos produtos interpretados esta faixa apresenta uma alta frequência da direção $N30^{\circ}E \pm 15^{\circ}$ que está associada principalmente a foliação e ao fraturamento desenvolvido paralelamente a ela. Em medidas de fraturas feitas em campo (diagrama 5.24) esta direção está menos caracterizada que a direção $N30^{\circ}W \pm 15^{\circ}$.

Na região de Santa Maria de Itabira-Ferros, observa-se nos produtos de sensoriamento remoto uma alta frequência de ocorrência do fraturamento $N30^{\circ}E \pm 15^{\circ}$ e uma baixa frequência de ocorrência do fraturamento $N30^{\circ}W \pm 15^{\circ}$, em áreas de gnaisses, xistos e migmatitos, fato este comprovado em campo, (diagrama 5.25). Este intenso fraturamento de direção aproximada $N30^{\circ}E \pm 15^{\circ}$ está relacionado com a zona de falha de empurrão de alto ângulo com vergência para leste, e com desenvolvimento de SSW para NNE de uma faixa intensamente cataclásada, com uma deformação dúctil muito forte, que mais para norte passa a uma fase rúptil, com a formação de uma falha transcorrente destal.

Na região de Itabira-João Monlevade-Bom Jesus do Amparo, a direção $N30^{\circ}W \pm 15^{\circ}$ tem maior frequência de ocorrência que a direção $N30^{\circ}E \pm 15^{\circ}$, fato também comprovado em campo (diagrama 5.26). Este fato está relacionado principalmente ao desenvolvimento de falhamentos destrais na região, com direção aproximada NNW-SE.

Nas áreas de ocorrência de gnaisses e xistos na região de Naque; de gnaisses e migmatitos na região de Ponte de Santo Antonio, onde ocorrem os gnaisses conglomeráticos; e na região de Carmesia, temos a predominância de ocorrência da direção $N30^{\circ}W \pm 15^{\circ}$ sobre a $N30^{\circ}E \pm 15^{\circ}$. Este fato está relacionado com o intenso fraturamento nesta região de

direção NNW onde aparecem fraturas às vezes preenchidas com material pegmatítico com mergulhos diversos. A direção NNE representa principalmente a foliação. Em medidas de campo, este fato foi confirmado (diagramas 5.27, 5.28 e 5.29).

Diagrama 5.24 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento para a área de ocorrência de gnaisses e quartzitos, para a região de Timóteo-Vargem Linda. (73 medidas).

Diagrama 5.25 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento em gnaisses, xistos e migmatitos da região de Santa Maria de Itabira-Ferros. (139 medidas).

Diagrama 5.26 - Diagrama de Rosacea de direção de fraturamento em gnaisses, xistos e migmatitos da região de Itabira-João Monlevade-Bom Jesus do Amparo. (132 medidas).

Diagrama 5.27 - Diagrama de Rosacea de direção de fraturamento para área de xistos e gnaisses, na região de Naque. (126 medidas).

Diagrama 5.28 - Diagrama de Rosãcea de direção de fraturamento para área de gnaisses e migmatitos de Ponte de Santo Antonio. (149 medidas).

Diagrama 5.29 - Diagrama de Rosãcea de direção do fraturamento para área de gnaisses e migmatitos de Carmésia. (60 medidas).

Para a região de gnaisses e migmatitos em Taquaraçu de Minas, observa-se uma frequência alta das duas direções, fato também confirmado em campo (diagrama 5.9). Mas, no extremo sudoeste da área de estudo, na região de Tapera, a direção $N30^{\circ}E \pm 15^{\circ}$ é pouco expressiva (diagrama 5.30), o que não acontece com a direção $N30^{\circ}W \pm 15^{\circ}$ que é predominante para a área, e está relacionada a falhamentos e foliação.

Assim, para o Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais, as direções $N30^{\circ}E \pm 15^{\circ}$ e $N30^{\circ}W \pm 15^{\circ}$ tiveram um papel importante no

arcabouço estrutural da região em estudo. A frequência da direção $N30^{\circ}W \pm 15^{\circ}$ (diagrama 5.31) predomina sobre a frequência da direção $N30^{\circ}E \pm 15^{\circ}$, quando analisamos o Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais como um todo, principalmente devido aos fraturamentos e foliação nos gnaisses e migmatitos da porção oeste da área de estudo, menos re-trabalhados por eventos tectono-metamórficos, que as rochas deste complexo a leste da serra do Espinhaço.

Diagrama 5.30 - Diagrama de Rosãcea de direção de fraturamento em gnaisses e migmatitos da região de Tapera. (72 medidas)

Diagrama 5.31 - Diagrama de Rosãcea de direção de fraturamento total para o Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais. (1398 medidas).

- Supergrupo Rio das Velhas

No Quadrilátero Ferrífero há uma predominância dos fotolineamentos de direção $N30^{\circ}W \pm 15^{\circ}$, principalmente nas regiões de ocorrência do grupo Nova Lima, que ocupa a maior área de distribuição deste supergrupo. Em campo observou-se que esta direção às vezes corresponde a foliação, mas na maioria dos casos observa-se a persistência de fraturamento NNW.

Os fotolineamentos de direção aproximada $N30^{\circ}E \pm 15^{\circ}$ são observados em menor número, e no campo verificou-se que esta direção está associada a foliação, a partir da qual desenvolveu-se um fraturamento.

No geral, segundo observações de campo, as duas direções praticamente apresentam a mesma frequência de ocorrência (diagrama 5.21).

- Região de Juatuba

Verificou-se que as duas direções têm também uma frequência bastante parecida. A direção $N30^{\circ}E \pm 15^{\circ}$ representa a foliação, condicionada pelo alongamento do cinturão de rochas verdes Rio das Velhas para NNE, e fraturas que se desenvolveram a partir desta foliação. A direção $N30^{\circ}W \pm 15^{\circ}$ representa um fraturamento de direção NW. O diagrama 5.12 confirma os dados obtidos através das imagens LANDSAT e radar:

- Região de Pitangui

Nos mapas de fotolineamentos (Anexos 4 e 5) verificamos que há predominância da direção $N30^{\circ}W \pm 15^{\circ}$ sobre a direção $N30^{\circ}E \pm 15^{\circ}$. Isto deve-se ao fato da primeira direção representar a foliação das rochas metavulcânicas e o fraturamento associado, e a falhamentos NW que às vezes podem estar preenchidos por quartzo. A direção $N30^{\circ}E \pm 15^{\circ}$ está associada principalmente ao fraturamento destas rochas, que as vezes encontram-se preenchidas por veios de quartzo escuro (preto). O diagrama 5.32 mostra que existe um equilíbrio na frequência de ocorrência de fraturamentos $N30^{\circ}E \pm 15^{\circ}$ e $N30^{\circ}W \pm 15^{\circ}$ para as rochas do supergrupo Rio das Velhas na região de Pitangui.

Diagrama 5.32 - Diagrama de Rosãcea de direção de fraturamento nas rochas do supergrupo Rio das Velhas na região de Pitangui. (371 medidas).

De uma maneira geral, as rochas do supergrupo Rio das Velhas caracterizam-se pela maior frequência de ocorrência da direção NNE, segundo observações de campo, devido ao desenvolvimento da foliação nesta direção (Diagrama 5.22) e do fraturamento associado, nas regiões do Quadrilátero Ferrífero e Juatuba.

- Supergrupo Minas

. Região do Quadrilátero Ferrífero

A análise dos mapas de fotolineamentos das direções $N30^{\circ}E \pm 15^{\circ}$ e $N30^{\circ}W \pm 15^{\circ}$ mostrou que há a predominância da segunda direção sobre a primeira.

A direção $N30^{\circ}E \pm 15^{\circ}$ para as rochas do supergrupo Minas pode ser considerada como uma variação da direção $N-S \pm 15^{\circ}$, já descrita anteriormente.

A direção $N30^{\circ}W \pm 15^{\circ}$ é praticamente perpendicular a foliação e possui mergulhos acentuados para NE. As vezes encontram-se preenchidas por quartzo.

Em observações de campo através de medidas de fraturas, a predominância da direção $N30^{\circ}W \pm 15^{\circ}$ foi confirmada como mostra o diagrama 5.16.

Região de Itabira-João Monlevade

Nos mapas de fotolineamentos observou-se a predominância da frequência de fraturamento de direção $N30^{\circ}W \pm 15^{\circ}$, possivelmente relacionada com as falhas transcorrentes destrais, fato confirmado pelo diagrama 5.17, construído a partir de medidas de fraturas em campo. A direção $N30^{\circ}E \pm 15^{\circ}$ está mais relacionado à foliação e a um fraturamento desenvolvido a partir desta foliação. A foliação por dados de campo tem direções preferenciais para N-NNE, com mergulhos para W e WNW e as vezes para E e ESE.

Região de Santa Maria de Itabira-Ferros

Nos mapas de fotolineamentos, apesar da direção $N30^{\circ}E \pm 15^{\circ}$ ser mais frequente, a direção $N30^{\circ}W \pm 15^{\circ}$ também tem um desenvolvimento importante. A primeira direção, como já descrita anteriormente para as áreas de gnaisses, xistos e migmatitos, exerce um papel importante no condicionamento das rochas do supergrupo Minas que se desenvolveram nesta área. Ela está relacionada ao falhamento de empurrão de alto ângulo com vergência para Leste; com a faixa dútil desenvolvida a partir deste falhamento; e com a faixa de transcorrência mais ao norte no prolongamento do falhamento inverso. A segunda direção, está relacionada a falhamentos na área, de direção NNW e NW, que foram reativados durante o evento tectono-magmático mesozóico.

Os dados de medidas de fraturas em campo mostrados nos diagramas 5.18 dão uma idéia bastante precisa do fraturamento de direção $N30^{\circ}E \pm 15^{\circ}$ relacionado com o intenso desenvolvimento da foliação cataclástica nesta área, que está bem expressa nas imagens utilizadas. (Figura 5.1).

Fig. 5.1 - Região de Santa Maria de Itabira-Ferros, onde é observado nas imagens um intenso desenvolvimento da foliação cataclástica, relacionada com a direção $N30^{\circ}E \pm 15^{\circ}$.

• Região de Morro do Pilar

As rochas do supergrupo Minas nesta região ocorrem em duas faixas estreitas e foram designadas como sequência Itabirítica In divisa (Anexo 5.1). A primeira faixa faz contato direto com as rochas do supergrupo Espinhaço e a segunda ocorre a leste da cidade de Morro do Pilar e está relacionada com um falhamento de empurrão de direção NNW-ESE-EW.

A primeira faixa é muito estreita e a análise dos fotolineamentos à ela relacionados torna-se muito difícil devido a escala de trabalho. A segunda faixa, um pouco mais larga caracteriza-se pela predominância da direção de fraturamento $N30^{\circ}W \pm 15^{\circ}$, que representa tanto a foliação que tem direção predominante NNW quanto ao fraturamento desenvolvido nesta direção. Em medidas de fraturas no campo para ambas as faixas, (diagrama 5.19), predomina o fraturamento de direção $N30^{\circ}W \pm 15^{\circ}$, que as vezes encontram-se preenchidas por quartzo. A direção $N30^{\circ}E \pm 15^{\circ}$, com mergulhos muito acentuados também possui expressão na área. As fraturas de direção $N20^{\circ}E$ subverticais deslocam as fraturas $N20^{\circ}W$ formando um sistema conjugado, dextral.

- Supergrupo Espinhaço

Parte oriental da serra do Espinhaço - região de Itambê do Mato Dentro

A análise dos mapas de fotolineamentos (Anexos 4,5) mostra que as direções $N30^{\circ}W \pm 15^{\circ}$ e $N30^{\circ}E \pm 15^{\circ}$ apresentam-se de maneira diferenciada. A frequência de ocorrência da direção $N30^{\circ}W \pm 15^{\circ}$ é maior, mais homogênea que a da direção $N30^{\circ}E \pm 15^{\circ}$. Isto deve-se ao fato que a primeira direção está relacionada aos falhamentos de empurrão de alto ângulo. Para a formação Galho do Miguel nesta área, nos pontos visitados, não foram encontradas fraturas de direção NNW, (diagrama 5.3). O que se verificou foi a predominância das fraturas de direção $N30^{\circ}E \pm 15^{\circ}$ que estão em parte associadas a foliação de direção aproximada N-S com variações para NNE (as vezes para NNW) e ao fraturamento desenvolvido paralelo a esta foliação.

Para a formação Santa Rita, verificou-se que existe um equilíbrio na frequência de ocorrência das duas direções (diagrama 5.4). A direção NNW corresponde a direção dos falhamentos inversos e foliação, principalmente para norte de Itambê do Mato Dentro e fraturamento associado. A direção NNE está associada a variação da foliação para NNE a sul de Itambê do Mato Dentro e ao fraturamento associado aos falhamentos transcorrentes de direção aproximada NNE.

Parte Ocidental do Espinhaço entre Cardeal Mota e Conceição do Mato Dentro

Para a formação Galho do Miguel, como mostram os mapas de fotolineamentos temos a predominância da frequência de ocorrência da direção aproximada $N30^{\circ}W \pm 15^{\circ}$, que representa a foliação e os falhamentos de empurrão de alto ângulo, que na altura do paralelo $19^{\circ}30'$ sofrem uma inflexão para NNW. A direção $N30^{\circ}E \pm 15^{\circ}$ menos desenvolvida relaciona-se a zonas de falhas transcorrentes de direção aproximada NNE. As observações de campo nesta região confirmaram os dados dos mapas de fotolineamentos como mostra o diagrama 5.33.

Para a formação Santa Rita, com menor área de ocorrência nesta porção da região de estudo, os mapas de fotolineamento mostram que as duas direções possuem frequências iguais de ocorrência, e estão associadas à foliação de direção aproximada NNW e fraturamento associado e às fraturas relacionadas a falhamentos transcorrentes de direção NNE, fato também constatado em campo através de medidas de fraturas, como mostra o diagrama 5.34.

De uma maneira geral, as rochas do supergrupo Espinhaço apresentam uma frequência de direções $N30^{\circ}W \pm 15^{\circ}$ e $N30^{\circ}E \pm 15^{\circ}$ quase que idêntica, como mostra o diagrama 5.8, podendo haver variações locais como indicam os mapas de fotolineamentos. A direção $N30^{\circ}W \pm 15^{\circ}$ se distribui de uma maneira mais homogênea e a direção $N30^{\circ}E \pm 15^{\circ}$ forma "trends" bem definidos.

Diagrama 5.33 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento em rochas da formação Galhã do Miguel entre Cardeal Mota e Conceição do Mato Dentro. (113 medidas).

Diagrama 5.34 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento em rochas da formação Santa Rita entre Cardeal Mota e Conceição do Mato Dentro. (54 medidas)

- Supergrupo São Francisco

Para o supergrupo São Francisco, os mapas de fotolinhamento mostram uma maior frequência de ocorrência da direção $N30^{\circ}W \pm 15^{\circ}$, que corresponde a direção preferencial da foliação, que pode em alguns lugares variar para N e NNE. As vezes esta direção aparece associada a falhamentos. A direção $N30^{\circ}E \pm 15^{\circ}$ está mais relacionada ao desenvolvi-

mento de fraturamentos, que na maioria dos casos estão preenchidos por veios de quartzo. Por sua vez estes veios de quartzo às vezes apresentam-se intensamente fraturados segundo as direções NNW e NW.

Nos mapas de fotolineamentos existe uma predominância da direção NNW, mas em medidas de campo (diagrama 5.14) as fraturas de direção NNE são predominantes. Este fato ocorre devido ao desenvolvimento da foliação segundo a direção NNW resultante dos esforços que atuaram na região.

Direção $N60^{\circ}E \pm 15^{\circ}$ e Direção $N60^{\circ}W \pm 15^{\circ}$

As duas direções têm uma distribuição quase que homogênea por toda a área (Anexos 7 e 8) e estão relacionadas principalmente aos grandes falhamentos transcorrentes sinistrais associados à reativação Proterozóica, sendo responsáveis do cavalgamento do supergrupo São Francisco pelo supergrupo Espinhaço.

Na região de desenvolvimento do Complexo Migmatito-Granulítico na porção leste da área de estudo, a direção $N60^{\circ}E \pm 15^{\circ}$, nos mapas, de fotolineamento é mais desenvolvida. Em estudos de campo, este fato foi comprovado (diagramas 5.35 e 5.31). Na parte oeste da área, a direção predominante no Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais, como mostra o Anexo 8, é a $N60^{\circ}W \pm 15^{\circ}$, que está relacionada principalmente ao condicionamento do cinturão de rochas verdes Rio das Velhas.

Diagrama 5.35 - Diagrama de Rosácea de direção de fraturamento total para a área de ocorrência do Complexo Migmatito-Granulítico da porção leste da área de estudo. (941 medidas).

No campo verificou-se em diferentes pontos que fraturas de direção aproximada NE deslocam fraturas de direções aproximadas EW e NNE em movimentos sinistrais. O mesmo foi observado para fraturas de direção NW que deslocam fraturas de direção NNW e EW também em movimentos sinistrais, e que a direção $N60^{\circ}E \pm 15^{\circ}$ também corresponde a direção de fraturas destrais.

Estas duas direções também são frequentes na região de desenvolvimento do cinturão das rochas verde Rio das Velhas. Elas correspondem principalmente a fraturamentos de direções aproximadas $N50^{\circ} - 60^{\circ}E$ e $N60^{\circ} - 70^{\circ}W$ subverticais (Diagrama 5.15), às vezes preenchidos por quartzo.

Para o supergrupo Minas no Quadrilátero Ferrífero observa-se nos mapas de fotolineamento uma maior concentração de fraturas de direção NE. Mas em campo verificou-se que existe uma ocorrência alta de fraturas NW (Diagrama 5.16) que geralmente estão preenchidas por quartzo e com mergulhos variando de 40° a subvertical para SW.

Na região de Itabira repete-se o mesmo quadro que no Quadrilátero Ferrífero tanto em relação aos mapas de fotolineamento como aos dados de campo (Diagrama 5.17).

Na região de Santa Maria de Itabira-Ferros, observa-se nos mapas de fotolineamento que a direção NE é mais frequente que a direção NW. Este fato foi comprovado em campo como mostra o diagrama 5.18.

Na área de ocorrência do supergrupo Minas na região de Morro do Pilar, os mapas de fotolineamento apresentam uma maior frequência de ocorrência da direção NW. Nos pontos visitados em campo este fato foi observado, não constatando-se fraturas de direção aproximada $N60^{\circ}E \pm 15^{\circ}$, como mostra o diagrama 5.19.

A menor frequência da direção NW nos mapas de fotolineamento, nas rochas do supergrupo Minas (regiões do Quadrilátero Ferrífero e Itabira) possivelmente deve-se ao fato do "mascaramento" desta direção pelo intenso fraturamento de direções N, NNE, NE e NNW.

Para as rochas do supergrupo Espinhaço as direções $N60^{\circ}W \pm 15^{\circ}$ e $N60^{\circ}E \pm 15^{\circ}$ nos mapas de fotolineamento apresentam uma frequência de ocorrência regular, e estão associadas principalmente a falhamentos. Em medidas de campo (diagrama 5.35) verificou-se uma maior ocorrência do fraturamento relacionado com a direção NW.

As rochas do supergrupo São Francisco apresentam um quadro semelhante ao do Espinhaço. Aqui as duas direções estão relacionadas a falhamentos. As fraturas com direção NE com mergulhos variados ora para NW ora para SE as vezes apresentam-se preenchidas por quartzo. A direção NW apresenta as mesmas características que a direção NE, a diferença verificada em campo, (diagrama 5.14) é que ela ocorre com maior frequência.

Direção E-W $\pm 15^{\circ}$

O mapa de fotolineamento de direção E-W $\pm 15^{\circ}$ (Anexo 9) mostra uma distribuição bastante irregular desta direção. Ela ocorre praticamente em três faixas.

- uma no extremo norte da área de estudo, atingindo praticamente todas as unidades litoestratigráficas da região;
- outra na porção central da área de estudo, onde ela possui um maior desenvolvimento, atingindo também todas as unidades litoestratigráficas da região;
- e a terceira, no extremo sul da área de estudo, distribuiu-se de uma maneira irregular. Esta faixa na parte oeste da área de estudo não está bem caracterizada.

Em dados de campo verificou-se sua ocorrência em todas as unidades litoestratigráficas da região desde o Complexo Migmatito-Granulítico até o supergrupo São Francisco como mostram os diagramas 5.14, 5.20, 5.22, 5.31 e 5.35.

- Análise quantitativa dos fotolineamentos

A análise dos mapas de máximos de frequência de ocorrência de fraturas na escala de 1:250.000 forneceu informações sobre a distribuição das fraturas relacionadas a um determinado evento tectônico.

As áreas de ocorrência do supergrupo Minas no Quadrilátero Ferrífero foram analisadas separadamente devido as controvérsias sobre o seu posicionamento. Outra unidade analisada a parte foi a formação Santa Rita do supergrupo Espinhaço devido a principalmente dois fatores:

- maior ocorrência de corpos básicos intrusivos nas formações mais antigas;
- discordância na distribuição das direções definidas pelos feixes de fraturas na formação Santa Rita em relação a formação Galho do Miguel.

Direção N-S $\pm$ 15°

Analisando-se a orientação dos máximos de concentração de fraturas (Anexo 19) verifica-se que para as áreas de ocorrência do Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais os máximos orientam-se preferencialmente segundo a direção N-S $\pm$ 15°. Em alguns pontos como na região de Caratinga e a oeste de Monlevade, verifica-se uma disposição de máximos segundo a direção E-W $\pm$ 15°. Nas regiões de Iapu, Ipatinga existe uma tendência da disposição dos máximos segundo a direção N30°E $\pm$ 15°.

Para a região oeste da área de estudo a frequência de ocorrência dos máximos é muito baixa e somente em 2 regiões são observados.

- na região de Taquaraçu de Minas que se alinha com os máximos encontrados no grupo Bambuí a leste de Baldin e no grupo Nova Lima a sul de Sabará;
- na região dos diques entre Cachoeira dos Macacos e Esmeral-

das que alinham-se com máximos no Bambuí a norte, e a sul com máximos nas rochas do supergrupo Rio das Velhas.

Na região sul do Espinhaço os máximos estão orientados segundo a direção $N-S \pm 15^\circ$ e na direção próxima a $N30^\circ \pm 15^\circ$ na região a norte de Cardeal Mota. Na análise da formação Santa Rita (Anexo 12), verificou-se que a direção NS apresenta-se a sul controlada por ela mesma e a norte, os máximos estão alinhados segundo a direção $N-S \pm 15^\circ$, E-W e NW.

As rochas do supergrupo Minas (Anexo 11) mostram no Quadrilátero Ferrífero, que esta direção está fortemente condicionada pela direção próxima a $N60^\circ E \pm 15^\circ$, o mesmo acontecendo na região de Itabira. Na região de Nova Era-Santa Maria de Itabira-Hematita-Ferros, observa-se que esta direção está condicionada por ela mesma e com uma leve tendência de condicionamento pela direção NE.

Na região a leste de Morro do Pilar, a direção $N-S \pm 15^\circ$ das rochas do supergrupo Minas está fortemente condicionada pela direção NW. Já a oeste de Morro do Pilar, ela está condicionada por ela mesma.

No grupo Bambuí, os máximos de concentração de fraturas estão alinhados segundo a direção $N-S \pm 15^\circ$, em duas faixas paralelas. A primeira passa a leste de Baldin e a segunda na região de Paraopeba. Por sua vez estes máximos alinham-se com os máximos existentes no grupo Rio das Velhas na região de Sabará e com os máximos do embasamento e do grupo Rio das Velhas nas regiões de Maravilha e Juatuba.

Direção $N30^\circ E \pm 15^\circ$

No Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais, nas regiões de Caratinga e Carmésia, verifica-se a ocorrência de máximos segundo a direção NS. Nas outras áreas de ocorrência desta unidade, na porção leste da área de estudo, a disposição dos máximos é segundo a direção $N30^\circ E \pm 15^\circ$. As vezes aparecem condicionamentos pela direção $N30^\circ \pm 15^\circ$ e menos frequentemente pela direção EW.

A oeste da área de estudo, a frequência de ocorrência de máximos para esta direção é muito baixa.

Na região do Quadrilátero Ferrífero, em área de ocorrência do supergrupo Rio das Velhas, observa-se uma tendência dos máximos se posicionarem segundo as direções NS e NW.

Para as rochas do supergrupo Minas (Anexo 14) na região de Belo Horizonte e Rio Piracicaba, observa-se uma tendência muito forte da disposição dos máximos segundo a direção NE. Na região de Monlevade, aparecem dois máximos alinhados segundo a direção NW. Na região de Itabira os máximos estão dispostos segundo a direção NS. Em Santa Maria de Itabira e Hematita os máximos encontram-se condicionados pela direção NS e na região de Ferros, pelas direções NE e NNE. A leste de Morro do Pilar os máximos estão fortemente controlados pela direção NNW e a oeste e a norte desta cidade pela direção NS.

Na região sul do Espinhaço, os máximos encontram-se às vezes condicionados pela direção NS. Na altura da região de Cardeal Mota mostram uma tendência ao condicionamento EW e para norte aparece a tendência a um condicionamento NS-NNW. A oeste de Itambê do Mato Dentro, a disposição do máximo é segundo a direção NNE. Para a formação Santa Rita (Anexo 15), na parte sul do Espinhaço, observa-se uma clara tendência pelo condicionamento NNE e NE e na parte norte a tendência é pelo condicionamento NS.

Na área de ocorrência das rochas do supergrupo São Francisco a disposição dos máximos é segundo as direções NS e NW, com uma leve tendência pelo controle EW. Não foram observadas disposições de máximos segundo a direção ora analisada.

Direção $N30^{\circ}W \pm 15^{\circ}$

Para o Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais, na porção leste da área de estudo, os máximos encontram-se alinhados segundo as direções NNE e NNW (Anexo 16). Em alguns lugares nota-se uma tendência do condicionamento NS, como na região dos granitóides entre Itauninha e Ipatinga, a norte de Passabem e na região de São Domingos do Prata. A norte de Passabem, nota-se ainda uma tendência da disposição dos máximos segundo a direção NE.

A leste de Caetê, na área de ocorrência de gnaisses e migmatitos é notada uma tendência do condicionamento NS desta direção. Este mesmo fato é observado na região de Maravilha. Porém, o mais característico para o Complexo Migmatito-Granulítico nesta porção oeste da área de estudo é a forte disposição dos máximos segundo a direção $N30^{\circ}W \pm 15^{\circ}$, como se observa entre Belo Horizonte e Cachoeira dos Macacos e a sul de Pará de Minas.

Na região de Esmeralda-Juatuba é observada uma tendência do posicionamento dos máximos segundo a direção NS e EW.

No Quadrilátero Ferrífero observa-se uma tendência da disposição dos máximos segundo a direção NS para as rochas do Supergrupo Rio das Velhas. Na região de Juatuba, para este mesmo supergrupo os máximos apresentam-se fortemente condicionados pela direção $N60^{\circ}W \pm 15^{\circ}$. A norte de Pará de Minas, na região de Pitangui, observa-se que os máximos apresentam uma disposição segundo as direções NS e EW. Na região de Papagaios, as rochas do supergrupo Rio das Velhas estão condicionados pela direção NS.

As rochas do Supergrupo Minas (Anexo 17) na região do Quadrilátero Ferrífero mostram seus máximos dispostos segundo a direção NE. Este fato também é observado na região de Rio Piracicaba-Monlevade. Na região de Itabira a disposição dos máximos é segundo a direção NS com tendência de condicionamento NW. Na região de Santa Maria de Itabira, Hematita e Ferros, observa-se uma tendência de condicionamento NNW, NNE e NS. Na região de Morro do Pilar a disposição dos máximos é segundo as direções NNW e NW, com tendência ao condicionamento E-W e NE.

No Espinhaço, a direção $N30^{\circ}W \pm 15^{\circ}$ apresenta na parte sul uma tendência de condicionamento NS e NNE e na parte norte a disposição dos máximos é segundo as direções $N30^{\circ}W \pm 15^{\circ}$ e EW. Na sua porção oriental, nota-se uma tendência de condicionamento pela direção NNE.

Para a formação Santa Rita (Anexo 18), na parte sul do Espinhaço e a NW de Itambê do Mato Dentro, esta direção mostra uma forte tendência pelo condicionamento NNE e NE. A oeste da região de Morro do Pi-

lar, passa a mostrar uma tendência de condicionamento pela direção NS.

Para a área de ocorrência das rochas do supergrupo São Francisco, a disposição dos máximos é segundo as direções NNW, NNE, NE, NS e as vezes EW.

Direção $N60^{\circ}E \pm 15^{\circ}$

Na porção leste da área de estudo, no Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais (Anexo 19) os máximos se posicionam segundo as direções $N60^{\circ}E \pm 15^{\circ}$ e EW, e em alguns pontos segundo a direção NW. Na porção oeste da área de estudo, na região de Cachoeira dos Macacos, os máximos estão dispostos segundo a direção NW. Mais ao sul, nota-se um controle pela direção NS e uma tendência pelo condicionamento EW. Na região a sul de Pitangui, mostra um condicionamento NS e nas áreas de contato com as rochas do supergrupo Rio das Velhas, a disposição dos máximos é segundo as direções EW e NE.

No Quadrilátero Ferrífero para as rochas dos supergrupos Rio das Velhas e Minas, observa-se uma disposição dos máximos segundo as direções NE e NW. Para o supergrupo Rio das Velhas, na região de Pitangui esta direção mostra um forte condicionamento por ela mesma. Na análise do supergrupo Minas (Anexo 20), verificou-se que na região do Quadrilátero Ferrífero e na região de Rio Piracicaba-Monlevade, os máximos estão fortemente controlados pela direção $N60^{\circ}E \pm 15^{\circ}$. Na região de Itabira, observas-se um condicionamento pela direção NS. Na região de Hematita os máximos estão dispostos segundo a direção NS. Na região de Santa Maria de Itabira, Passabem e Ferros, a disposição dos máximos é segundo as direções NS e NE. Na região de Morro do Pilar o controle da posição dos máximos é dado pelas direções NW e NS.

Na parte sul do supergrupo Espinhaço, verifica-se uma tendência de posicionamento dos máximos segundo as direções NE e EW. Na região de Itambê do Mato Dentro, a tendência do posicionamento é NW e NE. A NW de Morro do Pilar verifica-se uma leve tendência pelo controle NS. Na porção norte da área de estudo, em contato com as rochas do supergrupo São Francisco esta direção mostra um forte controle NW. Para a formação

Santa Rita (Anexo 21) na parte sul do Espinhaço, verifica-se uma disposição dos máximos segundo a direção NS. Na região de Itambê do Mato Dentro aparece um forte controle EW e NE. Na região de Morro do Pilar, o controle é exercido pelas direções NS e NW.

Para a área de ocorrência das rochas do supergrupo São Francisco a disposição dos máximos é segundo a direção NE e em alguns lugares nota-se uma tendência do posicionamento dos máximos segundo as direções NS e NW.

Direção $N60^{\circ}W \pm 15^{\circ}$

Na porção leste da área de estudo, esta direção (Anexo 22) no Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais, é menos frequente. Os máximos apresentam-se as vezes controlados pelas direções NW, NE, EW e NS. Na porção oeste, esta direção é mais frequente e apresenta-se controlada por ela mesma e pelas direções NS e NNE.

Na região do Quadrilátero Ferrífero nota-se uma tendência desta direção ser controlada por ela mesma e pela direção NE.

Na região de Pitangui esta direção, nas rochas do supergrupo Rio das Velhas, mostra uma tendência de ser controlada por ela mesma.

Para o supergrupo Minas (Anexo 23) na região do Quadrilátero Ferrífero e Rio Piracicaba, esta direção está fortemente controlada pela direção NE. Na região de Itabira, mostra um condicionamento pela direção NE. Na região de Hematita-Santa Maria de Itabira-Ferros, esta direção mostra condicionamentos pelas direções NS e EW. Na região de Morro do Pilar encontra-se fortemente controlada por ela mesma.

Para a parte sul do supergrupo Espinhaço, verifica-se uma leve tendência pelo controle NW, NNE e NE. Mais para norte aparece uma tendência do condicionamento NS. Na formação Santa Rita (Anexo 24) verifica-se a norte de Itambê do Mato Dentro um condicionamento pela direção NW. Na região de Morro do Pilar a disposição dos máximos é segundo a direção NW e na parte norte, região a oeste de Conceição do Mato Dentro, o condicionamento é dado pela direção NS.

Para a área de ocorrência do supergrupo São Francisco, esta direção mostra-se fracamente controlada pelas direções EW, NNE, NW e NS.

Direção E-W $\pm$ 15°

Esta direção (Anexo 25) é menos frequente na área de estudo, em termos de fotolineamentos.

Para o Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais a leste, na região de Caratinga, verifica-se uma tendência da disposição dos máximos segundo a direção EW. Na região de Iapu é forte o controle EW com uma leve tendência pelo controle NNE. A SE de Dolores de Guanhanes o controle é EW e NS. A SE de Itambé do Mato Dentro também mostra um condicionamento EW. Na parte oeste da área de estudo, onde esta direção está presente, apresenta-se condicionada por ela mesma.

Na região do Quadrilátero Ferrífero nas áreas de ocorrência do supergrupo Rio das Velhas, aparece um controle NW e uma leve tendência pelo condicionamento EW.

Para o supergrupo Minas (Anexo 26) na área do Quadrilátero Ferrífero e Rio Piracicaba, esta direção apresenta-se fortemente controlada pela direção NE. Na região de Itabira apresenta um forte controle EW. Na região de Santa Maria de Itabira-Ferros, o controle da posição dos máximos é dado pela direção NS. A leste de Morro do Pilar os máximos estão condicionados pela direção NW.

Na parte central do Espinhaço, os máximos estão fortemente condicionados pelas direções EW e NS. Na parte norte da área de estudo, os máximos apresentam-se condicionados pela direção EW.

Para a formação Santa Rita (Anexo 27), na parte sul do Espinhaço e na região de Itambé do Mato Dentro os máximos apresentam um forte condicionamento pela direção EW. Na região a oeste de Morro do Pilar os máximos estão dispostos segundo a direção NW.

Na região de ocorrência das rochas do supergrupo São Francisco os máximos de concentração de fraturas mostram na maioria das ve-

zes uma disposição segundo as direções EW e NS, e menos frequente segundo a direção NE.

Os dados obtidos nas análises dos mapas de fotolineamentos, permitem algumas considerações a respeito das seis direções definidas para a área de estudo.

A direção $N-S \pm 15^{\circ}$, de reativações múltiplas, com expressão tensional arqueana, é uma das condicionantes do cinturão de rochas verdes Rio das Velhas.

No Proterozóico Inferior (?) a Médio, segundo esta direção, instala-se a bacia Minas-Espinhaço. Esta direção além do rifteamento, proporcionou a instalação de fraturas sinsedimentares no embasamento, representadas pelos "diques" de quartzitos. Após a orogênese Minas-Espinhaço, ela é reativada durante a sedimentação do grupo Bambuí sob a forma de movimentos epirogenéticos que diferenciaram a bacia Bambuí em altos e baixos estruturais, fato sugerido pela alongação geral NS dos principais corpos de rochas carbonáticas.

Em épocas pós-supergrupo São Francisco, os lineamentos associados a esta direção, caracterizados na época Minas-Espinhaço como falhas de crescimento, foram reativados como falhas de empurrão de alto ângulo que provocaram o cavalgamento das rochas do supergrupo São Francisco pelas rochas do supergrupo Espinhaço, como mostra a verticalização das rochas dos grupos Macaúbas e Bambuí, ao longo da borda oeste da serra do Espinhaço.

A análise quantitativa dos fotolineamentos relacionados com esta direção mostrou que esta encontra-se controlada por ela mesma, e em alguns pontos pelas direções EW, NNW e NNE. A análise quantitativa mostrou ainda que esta direção condiciona em parte, as direções EW, NNE, NNW e NW.

As direções $N30^{\circ}E \pm 15^{\circ}$ e $N30^{\circ}W \pm 15^{\circ}$, em parte podem ser consideradas como variações da direção $N-S \pm 15^{\circ}$. Elas são condicionantes das litologias de alto grau metamórfico do Complexo Migmatito-Granulítico de

Minas Gerais, na porção oeste da área de estudo, onde se apresentam me nos retrabalhadas por eventos tectono-metamórficos posteriores. Caracterizam eixos de dobras, bem como a direção da foliação, principalmente pela predominância de gnaisses bandados, marcante nas imagens LANDSAT e de RADAR.

A direção $N30^{\circ}E \pm 15^{\circ}$ é condicionante também da xistosidade dos supergrupos Rio das Velhas e Minas no Quadrilátero Ferrífero, que possui variações para $N60^{\circ}W \pm 15^{\circ}$. Na região de Pequi-Pitangui-Juatuba a xistosidade do supergrupo Rio das Velhas é condicionada pela direção $N30^{\circ}W \pm 15^{\circ}$ com variações para $N60^{\circ}W \pm 15^{\circ}$.

A direção $N30^{\circ}W \pm 15^{\circ}$ como a direção $N-S \pm 15^{\circ}$ é condicionante dos falhamentos de alto ângulo que afetaram os metassedimentos do supergrupo Espinhaço, principalmente a norte do grande falhamento transcorrente de direção E-W, que corta toda a serra do Espinhaço, na altura de Cardeal Mota. Esta direção tem também um controle da xistosidade das rochas do supergrupo Espinhaço. Nas regiões de ocorrência das rochas do supergrupo São Francisco estas duas direções são bem evidenciadas e condicionam a foliação das rochas e o fraturamento associado.

Na análise quantitativa estas direções mostraram ser controladas por elas mesmas e pelas direções N-S, E-W.

As direções $N60^{\circ}E \pm 15^{\circ}$ e $N60^{\circ}W \pm 15^{\circ}$ exercem fortes condicionamentos na área de estudo. O cinturão de rochas verdes Rio das Velhas na região de Juatuba-Pitangui está condicionado principalmente pela direção $N60^{\circ}W \pm 15^{\circ}$, fato notório pela sua configuração.

Estas direções também condicionam o cinturão arqueano de rochas verdes Rio das Velhas na região do Quadrilátero Ferrífero.

Elas foram reativas no Proterozóico Inferior (?) a Médio, formando componentes cizalhantes transcorrentes resultantes de esforços E-W, sendo responsáveis por dobramentos e empurrões no supergrupo Espinhaço e no Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais. Na área de ocorrência do grupo Bambuí, nota-se que a direção $N60^{\circ}W \pm 15^{\circ}$ é um pouco menos desenvolvida, que a direção $N60^{\circ}E \pm 15^{\circ}$, fato compatível com

a evolução regional de cavalgamento e metamorfismo mais intenso na parte sudeste do grupo Bambuí (Scholl, 1973a e b).

A análise quantitativa dos mapas de fotolineamentos, mostrou que na época Santa Rita houve uma movimentação tectônica condicionada pelas direções $N-S \pm 15^\circ$, $N60^\circ W \pm 15^\circ$ e $N60^\circ E \pm 15^\circ$ (Anexos 12, 24 e 21) que coincide com o final do magmatismo nesta região do Espinhaço, como mostra o Anexo 1, onde pode-se verificar que as rochas da formação Santa Rita praticamente não possuem corpos básicos intrusivos. Esta atividade tectônica condicionou a área de sedimentação desta formação em duas direções principais: $N60^\circ W \pm 15^\circ$ na porção norte da área de estudo e $E-W \pm 15^\circ$ na porção sul.

Na análise quantitativa destas duas direções, verificou-se que elas são controladas por elas mesmas, e muito fracamente pelas outras direções.

A direção $E-W \pm 15^\circ$ apesar de contar com a menor frequência de ocorrência nos mapas de fotolineamentos, apresenta também um caráter poliativo desde os tempos arqueanos (Inda et alii, 1984), mostrando evidências de movimentos transcorrentes, como pode ser observado em campo. Ela forma geralmente um par conjugado, com deslocamento horizontal, com as fraturas de direção $N30^\circ W \pm 15^\circ$.

A direção $E-W \pm 15^\circ$ é uma das condicionantes da bacia Minas Espinhaço, proporcionando na época de instalação da bacia fraturas sin sedimentares no embasamento, preenchidas sob a forma de diques sedimentares de direção E-W (Sperber, 1975). Causou também ondulações de direção E-W e conseqüentemente variações faciais (Schorsch, 1975; Almeida Abreu e Schorsch, 1984). Dessa forma pode ser explicado porque, que a zona de ocorrência das rochas do supergrupo Espinhaço possui larguras diferentes.

O caráter distensivo desta direção é dado ainda pelos inúmeros corpos básicos associados em forma de diques.

Todos os dados discutidos acima corroboram com a idéia de que as seis direções definidas na área de estudo, são direções mui

to antigas, com atividades desde épocas arqueanas, anteriores ainda ao tempo Rio das Velhas.

5.3 - CINTILOMETRIA

Os dados cintilométricos da área de estudo não são muito significativos. Estes dados foram fornecidos pela Nuclebrás e integrados em um único mapa (Anexo 28). Os mapas na escala 1:250.000 fornecem os seguintes dados:

- Para as áreas de ocorrência do Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais foram observadas zonas com "background" de radiação de tório alto para as unidades com predominância de granulitos (regiões de Caratinga e Dom Calvati), granitóides (a oeste de Caratinga) e de gnaisses e xistos na região de Periquito e na altura de $42^{\circ}45'$ e $19^{\circ}52'$. Também possuem "background" de radiação de tório alto toda a região representada pelos granitóides (incluindo o granito Borrachudo) e as áreas graníticas e gnaissicas a oeste do Rio Doce.
- A região de granulitos de Inhapim caracteriza-se por uma zona com "background" de radiação de tório medio. Praticamente toda área de ocorrência das unidades com predominância de xistos e gnaisses, gnaisses e migmatitos e gnaisses e quartzitos são caracterizados como zonas de "background" de radiação de tório baixo.
- As áreas ocupadas pelas rochas do supergrupo Rio das Velhas caracterizam-se pelo "background" de radiação de tório baixo, tanto no Quadrilátero Ferrífero, como na região de Pequii-Pitanguí-Pará de Minas.
- As rochas do supergrupo Minas, em alguns pontos, como a Oeste de Itabira, em João Monlevade, Rio Piracicaba, na serra do Morro Escuro e parte da sequência Itabirítica Indivisa a leste de Morro do Pilar caracterizam-se como áreas de "background" de radiação de tório alto. As sequências a oeste de Barão de Cocais

e na região de Santa Maria de Itabira são caracterizadas como zonas de "background" de radiação de tório baixo.

- As rochas que compõem o supergrupo Espinhaço são caracterizadas segundo os dados disponíveis, como zona com "background" de radiação de tório baixo.
- Praticamente toda a área de ocorrência do supergrupo São Francisco é caracterizada como zona de "background" de radiação de tório baixo. Na região entre Sete Lagoas de Papagaios desenvolve-se uma área com "background" de radiação de tório médio que evolui para a parte central entre Inhaumas e Cachoeira dos Macacos para uma zona com "background" de tório alta.

Os mapas na escala 1:100.000 reduzidos para escala de 1:250.000, referentes a região de Pitangui-Pará de Minas entre $44^{\circ}00'$ e $45^{\circ}00'$ e $19^{\circ}30'$ e $20^{\circ}00'$ forneceram os seguintes dados:

- Um melhor ajuste do contato sul entre as rochas do supergrupo Rio das Velhas e os gnaisses e migmatitos do Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais.
- Alguns falhamentos são acusados nos perfis por máximos, como os falhamentos NNW que passam pela região de Pequi e na região de Pará de Minas-Pitangui.
- Confirmação dos contatos das rochas do supergrupo Rio das Velhas com os gnaisses e migmatitos do Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais na região de Pará de Minas-Pitangui.

Os perfis na escala 1:50.000 (reduzidos para escala de 1:250.000 - ver Anexo 28) da região do Quadrilátero Ferrífero e extremo sul SW do Espinhaço forneceram as seguintes informações:

- A confirmação de algumas falhas de empurrão de alto ângulo, fotointerpretadas.

- A indicação de falhamentos ao longo de alinhamentos fotointerpretados. (Anexo 3).
- Confirmação dos contatos das rochas do supergrupo Minas com os gnaisses e migmatitos do Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais e com as rochas do supergrupo Rio das Velhas no Quadrilátero Ferrífero.

5.4 - AEROMAGNETOMETRIA

Os eixos das anomalias magnéticas estudadas nos mapas do levantamento aeromagnético na escala de 1:100.000, foram reduzidos para a escala de 1:250.000 e lançados no mapa geofísico integrado (Anexo 28).

O Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais, caracteriza-se por valores baixos positivos e altos negativos. Com raras exceções, os valores positivos extremos de intensidade magnética total chegam em torno de ± 200 na região dos granitóides a oeste de Coronel Fabriciano e os valores negativos menores, raras vezes chegam a -120, -140. No geral, todo o Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais está caracterizado por zonas calmas.

O supergrupo Rio das Velhas no Quadrilátero Ferrífero caracteriza-se por anomalias negativas de valores extremos de intensidade magnética total em torno de -500 e valores positivos em torno de +200, que correspondem às áreas de ocorrência das formações ferríferas do grupo Nova Lima.

Na região de Juatuba, observam-se anomalias com valores negativos, concentradas segundo a direção NE, que corresponde ao posicionamento das rochas do grupo Nova Lima nesta região. A NW de Pitangui, observam-se quatro grandes anomalias, dispostas paralelamente de norte para sul, indicando uma zona de falhamentos EW.

A sul de Pequi são observadas anomalias com valores extremos de intensidade magnética altos, as vezes superiores a +1.000 nas serras da Alegria e rio do Peixe e a norte de São José da Varginha. A nor

te dessas serras é observada uma anomalia com valores extremos de intensidade magnética baixa chegando a cerca de -1.356.

Outras anomalias menores com direções variadas e valores extremos positivos e negativos de intensidade magnética são encontrados entre Pequi e Pará de Minas, sendo que as anomalias positivas são em maior número.

Para as áreas de ocorrência do supergrupo Minas onde se desenvolvem as sequências Itabiríticas, são característicos os valores extremos positivos de intensidade magnética total, que em alguns lugares, ultrapassam a +1.000, como no Quadrilátero Ferrífero, Itabira e Hematita. Onde as sequências Itabiríticas não estão completas, os valores continuam ainda positivos, mas de menor grandeza.

Para as rochas do supergrupo Espinhaço são características as denominadas zonas calmas. Os valores extremos de intensidade magnética não ultrapassam a +80 e os negativos não vão além de -80.

Na região de Itambê do Mato Dentro observa-se uma grande anomalia positiva com valor extremo de intensidade magnética chegando a +215 paralela e contrastando com a anomalia vizinha negativa de valor extremo de intensidade magnética -43. Estas anomalias definem uma falha transcorrente sinistral pelo arrasto dos máximos e mínimo ("drag of magnetic highs and lows").

As rochas do supergrupo São Francisco desde a borda ocidental da serra do Espinhaço até a região de Lagoa do Jacaré e para sul ao longo da margem direita do Rio Paraopeba caracterizam-se por uma zona calma do campo magnético. Já a partir de Papagaios para norte, caracterizam-se pelo aparecimento de algumas zonas de anomalias positivas e negativas.

A integração dos dados da fotointerpretação da análise dos fotolineamentos com os dados geofísicos além de permitirem definir melhor o posicionamento de algumas unidades litoestratigráficas, permitem também identificar uma série de falhamentos associados às seis direções principais de esforços, definidas neste trabalho.

Para análise destes falhamentos foram estudados os modelos de Reidel (1929), Moody e Hill (1956), Tchalenko (1970), Khain (1973), Vialon et alii (1976) e Sadowski (1983).

Moody e Hill (1956) baseados em seus estudos das grandes falhas universais, propuseram um modelo de falhas transcorrentes de compressão predominantemente NS que causou dois sistemas de cisalhamento transcorrente de 1ª ordem (Figura 5.2). Como o movimento é contínuo nestes sistemas, a tensão se reorienta e formam-se os sistemas transcorrentes de 2ª ordem, e assim por diante. Desta maneira na concepção destes autores, 8 direções tectônicas principais são definidas (Figura 5.3).

Fig. 5.2 - Modelo do sistema de falhas transcorrentes de Moody e Hill de compressão predominante Norte-Sul.

FONTE: Moody e Hill (1956).

Fig. 5.3 - Principais direções desenvolvidas em resultado da compressão Norte-Sul, conforme modelo concebido por Moody e Hill.

FONTE: Moody e Hill (1956).

Badgley (1965) estudando os lineamentos do Texas de Coeur d'Alene (Figura 5.4) verificou que segundo o modelo de Moody e Hill estes lineamentos seriam classificados como de terceira ordem, com o que ele não concordou, por existirem evidências de feições de 2ª ordem nestas áreas. Ainda segundo este autor, a aplicação em bases universais do modelo de Moody e Hill deve ser feita com cautela, visto que existem forças regionais que possuem outras orientações diferentes da Norte-Sul. A própria área de estudo deste presente trabalho é um exemplo da existência de esforços tensionais de direções diferentes da Norte-Sul.

Fig. 5.4 - Principais lineamentos do oeste americano segundo interpretações de Moody e Hill.

FONTE: Moody e Hill (1956).

Vialon et alii (1976) e Sadowski (1983 e 1984) apresentaram o modelo de Riedel para zonas de cisalhamento (ver definição in Sadowski, 1983), que definiu quatro famílias de fraturas secundárias (Figura 5.6) desenvolvidas a partir da associação binária de esforços de compressão e tração que ele designou de T (tração), R e R¹ (transcorrências sintéticas e antitéticas) que formam um par conjugado de $\pm 60^{\circ}$ - 70° e sintético em relação a T, e P que é uma fratura simétrica a R em relação a direção de cisalhamento maior e também sintética.

Fig. 5.5 - Representação do modelo de zona de cisalhamento de Reidel.

Fig. 2.19. — Relations entre les différentes fractures en échelon d'une zone de cisaillement. Réorientation des axes cinématiques à l'intérieur de la zone.

Z : axe de raccourcissement maximal. — X : axe d'allongement maximal. — RR' : système conjugué de Riedel. — T : fissure d'extension. — P : système symétrique de R.

En toute rigueur les valeurs angulaires sont fonction de φ . Ici, $\varphi = 30^\circ$.

FONTE: Vialon et alii (1976).

Fig. 5.6 - Sistemas de fraturas na zona de cisalhamento.

FONTE: Sadowski (1983).

Os sistemas R e R^1 segundo Wilcox et alii (1973 in Sadowski, 1983) são verticais no caso das falhas transcorrentes e o ângulo entre o sistema R e a direção principal do falhamento é de 10° a 30° , enquanto que o ângulo entre R^1 e a direção principal do falhamento é de 70° a 90° , e o bissetor do ângulo R e R^1 seria a direção máxima de compressão (Sadowski, 1983).

Sadowski (1983 e 1984) mostrou que dois outros sistemas de fraturas (Figura 5.6) são encontrados ainda no modelo de Riedel: o sistema Y paralelo à zona de falha e o sistema X simétrico a R^1 em relação a direção de cisalhamento.

Sadowski (1983) efetuou estudos de diversos cinturões de cisalhamento de várias partes do globo terrestre e verificou que mesmo fora do modelo binário de cisalhamento, existe uma associação entre falhamentos inversos e grandes falhas transcorrentes, associados a um mesmo sistema de esforços. Em seus trabalhos no Nordeste brasileiro, verificou que a partir dos estudos de deformação associadas a falhas de empurrão, podia-se definir os falhamentos transcorrentes responsáveis pelas estruturas inversas. Este mesmo autor sugeriu que este sistema de análise fosse aplicado para outras regiões do País.

Na área de estudo, não foi possível definir sistemas binários de cisalhamentos, visto que praticamente as seis direções identificadas definem sistemas de falhas poliativas, tanto de caráter distensivo como de caráter compressivo. Por outro lado, estas direções não são restritas a área de estudo, pois possuem caráter continental, principalmente nas áreas de ocorrência das rochas arqueanas e proterozóica.

Desta maneira, na tentativa de se definir as principais direções de esforços que atuaram na região de estudo, e o relacionamento genético dos fotolineamentos extraídos dos produtos de sensoriamento remoto com as estruturas da tectônica rúptil, aplicou-se o esquema proposto por Riedel na análise destas seis direções, levando-se em consideração as sugestões de Sadowski (1983). A seguir daremos alguns exemplos:

1º exemplo: região a SE de Coronel Fabriciano (Anexos 1 e 29)

Nesta área encontramos uma extensa falha de empurrão, que se estende desde o sul (fora dos limites da área de estudo) para o norte-nordeste, associada a unidade do Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais, com predominância de gnaisses e quartzitos.

Nas imagens LANDSAT e de radar, na região a SE de Coronel Fabriciano, verifica-se que estão bem representadas as direções próximas a $N70^{\circ}W$, $N70^{\circ}E$, $N55^{\circ}W$, $N30^{\circ}W$ e $N25^{\circ}E$ (Figura 5.7). A partir da falha de empurrão, aplicando-se o modelo de Riedel, com as modificações propostas por Sadowski (1983, 1984), foi definido o seguinte:

- a direção próxima a $N25^{\circ}E$ (direção do empurrão) está representada pela fratura X;
- a direção próxima a $N30^{\circ}W$ corresponde a fratura P (falha transcorrente sinistral);
- a direção próxima a $N70^{\circ}W$, corresponde a fratura R (falha transcorrente sinistral);
- a direção próxima a $N70^{\circ}E$ corresponde a fratura R^1 (falha transcorrente dextral);
- a direção próxima $N55^{\circ}W$ corresponde a fratura Y (falha transcorrente sinistral);
- o esforço máximo σ foi de E para W.

O mapa de fotolineamentos para esta região também indica uma intensa movimentação tectônica de caráter rúptil, com deslocamentos dos feixes de fraturas ora em uma direção, ora em outra direção (Anexo 2). Estes falhamentos determinados na análise dos feixes de fraturas, estão representados nos Anexos 1 e 29. Os dados aeromagnetométricos também confirmam uma intensa movimentação tectônica para esta área.

Fig. 5.7 - Direções do cisalhamento a sudeste de Coronel Fabriciano.

2º exemplo: região a E de Morro do Pilar (Anexos 1 e 29)

Nesta área encontramos a Sequência Itabirítica Indivisa cavalgando as rochas do Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais por falha de empurrão.

Nesta área foram identificadas nas imagens LANDSAT e de radar as direções próximas a $N70^{\circ}E$, $N50^{\circ}E$, $N20^{\circ}E$, $N40^{\circ}W$ e $N70^{\circ}W$ (Figura 5.8).

A partir da falha de empurrão e usando-se do mesmo procedimento aplicado para o 1º exemplo, verificou-se que:

- a direção próxima a $N40^{\circ}W$ (direção de empurrão no ponto analisado) está representada pela fratura X;

- a direção próxima a $N50^{\circ}E$ corresponde a fratura R (falha transcorrente sinistral);
- a direção próxima a $N20^{\circ}E$ corresponde a fratura T;
- a direção próxima a $N70^{\circ}E$ corresponde a fratura Y (falha transcorrente sinistral), que indica a direção do cisalhamento neste ponto;
- a direção geral de esforços σ neste ponto foi de NE para SE.

A direção $N70^{\circ}W$ pode ser uma fratura R de uma faixa de cisalhamento de direção paralela à faixa de cisalhamento definida na região de Coronel Fabriciano.

Fig. 5.8 - Direções do cisalhamento na região de Morro do Pilar.

3º exemplo: região a sudoeste de Itabira (Anexos 1 e 29)

Esta região está representada por uma extensa falha de empurrão, que se desenvolve a partir do Quadrilátero Ferrífero passando a sudoeste e a oeste de Itabira, sendo responsável pelo cavalgamento das rochas gnáissicas pelos granitóides.

Aqui são encontradas as direções $N20^{\circ}W$, $N70^{\circ}W$, $N70^{\circ}E$, $N40^{\circ}E$ e $N20^{\circ}E$ (Figura 5.9).

A partir da falha de empurrão, usando-se do mesmo procedimento anterior, verificou-se que:

- a direção próxima a $N40^{\circ}E$ (direção do empurrão no ponto analisado) está representada pela fratura X;
- as direções próximas a $N70^{\circ}E$ e $N70^{\circ}W$ correspondem as fraturas R^1 e R (falhas transcorrentes destrais e sinistrais respectivamente), que formam um par conjugado como na região de Coronel Fabriciano;
- a direção próxima a $N20^{\circ}W$ corresponde a fratura Y (falha transcorrente sinistral), que indica a direção do cisalhamento neste ponto;
- a direção geral de esforços σ neste ponto foi de SE para NW.

A direção $N20^{\circ}E$ pode pertencer a uma faixa de cisalhamento paralela àquela definida na região de Morro do Pilar, e deve corresponder a uma fratura T.

4º exemplo: borda oeste da serra do Espinhaço, na porção norte da área de estudo (Anexos 1 e 29)

Esta área está representada por uma série de falhas de empurrão, que jogam as rochas do supergrupo Espinhaço sobre as rochas do supergrupo São Francisco. Para esta região são encontradas as direções $N20^{\circ}E$, $N25^{\circ}W$, $N70^{\circ}E$ e $N70^{\circ}W$ (Figura 5.10).

Fig. 5.9 - Direções associadas ao cisalhamento na região a sudoeste de Itabira.

Fig. 5.10 - Direções associadas ao cisalhamento na borda oeste da serra do Espinhaço.

A partir da falha de empurrão que coloca em contato as rochas do grupo Macaúbas com as rochas do grupo Bambuí e usando-se do mesmo procedimento aplicado ao 1º exemplo, verificou-se que:

- a direção próxima a $N25^{\circ}W$ (direção do empurrão no ponto analisado) está representado pela fratura X;
- a direção próxima a $N20^{\circ}E$ corresponde a fratura R^1 (falha transcorrente destal);
- a direção próxima a $N70^{\circ}W$ corresponde a fratura R (falha transcorrente sinistral);

- a direção próxima a $N70^{\circ}E$ corresponde a fratura P (falha transcorrente sinistral);
- a direção geral do cisalhamento determinada pela relação das fraturas R, R^1 , P e X é EW;
- a direção geral de esforços σ neste ponto foi de NE para SW.

5º exemplo: região a E de Itabira (Anexos 1 e 29)

Nas imagens LANDSAT e radar são bem definidas as direções $N60^{\circ}W$, $N30^{\circ}W$, $N60^{\circ}E$, $N30^{\circ}E$ e NS (Figura 5.12).

Fig. 5.11 - Direções associadas ao cisalhamento na região leste de Itabira.

Fig. 5.12 - Relação geométrica entre os fotolineamentos associados às falhas transcorrentes na região de Ferros.

A partir da falha de empurrão de alto ângulo Itauninha e usando-se do mesmo procedimento aplicado ao 1º exemplo, verificou-se que:

- a direção próxima a $N30^{\circ}E$ (direção do empurrão no ponto analisado) está representado pela fratura X;
- a direção próxima a $N60^{\circ}W$ corresponde a fratura R (falha transcorrente destal);
- a direção próxima a NS corresponde a fratura R^1 (falha transcorrente sinistral);
- a direção próxima a $N30^{\circ}W$ corresponde a fratura T, com a qual estão associados corpos basálticos pós-tectônicos (Schorscher, 1975), relacionados a processos tectônicos distensivos de Idade Mesozóica. É interessante notar o correlacionamento

desta direção, com a direção NNW do crãton Amazônico (Braun et alii, 1984) pois ambas foram afetadas pela tectônica de caráter distensivo, evidenciada pela injeção de material magmático de idade fanerozóica (mesozóica ?);

- a direção geral do cisalhamento determinada pela relação X , R , σ^1 e T e aproximadamente $N80^{\circ}W$;
- a direção geral de esforços σ neste ponto foi de NW para SE.

A falha de empurrão de Itauninha (Anexo 1), em seu prolongamento para NNE, passa a uma zona de alta ductibilidade, caracterizada por uma intensa foliação cataclástica, que é bem identificada nas imagens LANDSAT e radar (Figura 5.1). Da região de Ferros para Norte passa a uma falha transcorrente. Evidências de transcorrência associada a este falhamento são mostradas no Anexo 1 e na Figura 5.12. Khain (1973) descreveu na região de Karagandã empurrão/transcorrentes decorrentes de esforços idênticos aos que atuaram nesta região da área de estudo (Figura 5.13).

Fig. 5.13 - Sistema de falhas transcorrentes e de empurrão no Cazaquistão Central.

- 1 - falhas transcorrentes
- 2 - falhas de empurrão profundas
- 3 - esforços regionais

FONTE: Khain (1973).

Esta falha de empurrão com vergência para E é resultante de movimentos diferenciais e rotacionais de bloco, com deslocamento para W e intensidade crescente de N para S.

6º exemplo: região da serra da Paula e Dois Irmãos a NW de Barão de Cocais - metassedimentos do supergrupo Minas

Esta região caracteriza-se por empurrões de direção NE, com os quais estão associadas dobras inversas. A partir das falhas de empurrão relacionadas com as rochas do supergrupo Minas, não nos foi possível definir com precisão, fraturas a eles associadas. Isto deve-se ao fato que os empurrões aqui encontrados, não têm sua origem relacionada diretamente aos esforços compressivos regionais que atuaram na região, e sim ao transporte das rochas do supergrupo Minas de seu lugar original para a sua posição de hoje, por escorregamento gravitacional devido ao soerguimento do embasamento a SE e E da área de estudo.

Nos exemplos mostrados acima verificamos que a direção da falha transcorrente Y, paralela a zona de cisalhamento, varia entre $N50^{\circ}-80^{\circ}W$, EW e $N20^{\circ}-40^{\circ}W$, bem como as direções de esforços (de NE para SW; de E para W; de SE para NW) fato que vem demonstrar a existência dos movimentos diferenciais e rotacionais de bloco na área de estudo.

A sudeste e a leste estes esforços foram mais intensos. Provocaram o soerguimento das rochas infracrustais que através de falhas de empurrão foram colocadas em contato com as rochas de mais baixo grau metamórfico. Este soerguimento a sudeste e a leste provocou um basculamento para norte, noroeste e oeste, sendo uma das evidências mais forte deste fato, a predominância de rochas supracrustais (gnais e xistos) a norte e a oeste da área de estudo.

Este tectonismo compressivo foi ainda responsável pelos seguintes eventos:

- Os esforços de direção SE-NW, em decorrência do soerguimento a Sul, foram mais ativos, propiciando o arrasto dos sedimentos Minas para NW e a formação dos empurrões, que jogaram os metasse-

dimentos Minas por cima das rochas do supergrupo Rio das Velhas e do embasamento gnaissico. Parte das rochas do supergrupo Minas foram também jogadas sobre as rochas do supergrupo Espinhaço, como por exemplo na porção sul da serra das Cambotas. Este fato fica bem evidenciado nos mapas da análise quantitativa dos fotolineamentos, que indicam uma posição aloctone para os metasedimentos Minas do Quadrilátero Ferrífero e da região de Rio Piracicaba. Os resultados do levantamento aeromagnético de Minas Gerais e Espírito Santo mostraram que na região de Ponte Nova, sul de Itabira e entre Curvelo e Governador Valadares são reconhecidas áreas anômalas, extensas, que segundo Bosum (1983) devem ser procuradas a grande profundidade. Essas anomalias, segundo este autor, indicam uma elevação do cristalino magnético nessas regiões, que pode corresponder inteiramente a uma elevação do cristalino geológico profundo.

- O soerguimento da crosta a NE, em consonância, com os soerguimentos a SE e E acarretou a formação de falhas de empurrão de direção NNE a NS, com vergência para leste, descritas por Schorscher (1975) na região de Itabira-Santa Maria de Itabira, que para norte, devido aos choques de esforços de leste para oeste e de sul para norte, evoluíram para componentes cisalhantes transcorrentes. À estas falhas de empurrão estão associadas falhas transcorrentes destrais.
- O caráter distensivo observado na região de estudo, relaciona-se com as fraturas de direção N20°E e N30°W. Com esta última encontram-se associados corpos basálticos relacionados a processos pós-tectônicos (Schorscher, 1975) distensivos de idade provável, mesozóica.

CAPITULO 6

CONCLUSÕES

- 1 - A utilização conjunta dos produtos de sensoriamento remoto, dos dados dos levantamentos aerocintilométricos e aeromagnetométricos, dos dados bibliográficos pré-existentes e de campo, atendem de maneira satisfatória aos objetivos propostos.
- 2 - A análise fotogeológica aliada aos trabalhos de campo e aos dados geofísicos permitiu uma melhor caracterização das principais unidades litoestratigráficas-estruturais, sendo o resultado mais significativo a extensão de maneira contínua do supergrupo Rio das Velhas desde o Quadrilátero Ferrífero até a região de Pitangui.
- 3 - As análises dos fotolineamentos mostraram que as direções próximas a NS, NNE, NNW, NW, NE e EW condicionaram as sequências rochosas da região desde o arqueano até as atividades termotectônicas do Fanerozóico.
- 4 - A reativação de caráter distensivo das direções NW e NE permitiram a instalação do cinturão de rochas verdes Rio das Velhas. Em tempos pós-Bambuí estas direções tiveram um papel importante na formação dos empurrões e dobramentos no Espinhaço.
- 5 - A reativação das direções NS e EW no Proterozóico Inferior a Médio permitiu a instalação da bacia Minas-Espinhaço. A direção NS teve um papel importante na formação dos "diques" de quartzitos tanto no Espinhaço quanto no embasamento. A direção E-W além de ser também responsável pela formação de diques de quartzitos, controlou toda a formação dos diques intrusivos na região do Espinhaço e do Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais.
- 6 - A reativação das direções NNE e NNW foi responsável pela movimentação diferencial de blocos na parte leste da área de estudo.
- 7 - Os feixes de fraturas (Anexo 2) e os fotoalinhamentos (Anexo 3)

mostraram uma associação genética e geométrica com os falhamentos mapeados, mostrando que suas origens estão relacionadas com as reativações múltiplas, condicionando o relevo e a drenagem da área de estudo, como reflexos das estruturas profundas.

- 8 - Os soerguimentos crustais do embasamento a SE e E mais intensos que a NE da área de estudo foram responsáveis pela posição aloctone das rochas do supergrupo Minas na região do Quadrilátero Ferrífero e Rio Piracicaba, configurada pelo padrão de fraturamento distinto e pelo controle que a direção NE exerce sobre as demais direções.
- 9 - O padrão de fraturamento das rochas do supergrupo Minas ao longo da borda leste da serra do Espinhaço mostra em posicionamento autotone a parautotone destas rochas.
- 10 - Os dados da análise dos fotolineamentos mostraram padrões característicos para a formação Santa Rita, indicando uma certa discordância estrutural entre esta formação e as unidades inferiores, caracterizando desta forma o final dos eventos magmáticos no Espinhaço Meridional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALIYEV, A. Regional fracturing of the Pamirs and its metallogenic significance. In: DOHLADY AKADEMIY NAUK SSSR. v.250:90-93. Moscow, 1980.
- ALLUM, J.A.E. Photogeology and regional mapping. Pergamon Press.London, 1969. 108 p.
- ALMEIDA ABREU, P.A.; SCHORSCHER, H.D. Archean basement configuration and influences of the evolution of the lower Proterozoic Espinhaço Supergroup in Minas Geras, Brasil. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 27. Abstracts. v.II (Sections 04 and 05):248. Moscow,1984.
- ALMEIDA, F.F.M.de Origem e evolução da plataforma brasileira. Div.Geol. Mineral. Bol. nº 241. Rio de Janeiro, 1967. 36 p.
- ALMEIDA, F.F.M.de O craton do São Francisco. Rev. Bras. Geoc. v.7:349-364, São Paulo, 1977.
- ALONSO, M.T.A. Vegetação. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, Geografia do Brasil. Região Sudeste. v.3. Rio de Janeiro, 1977. 667 p.
- AMARAL, G. Geologia pré-cambriana da região amazônica. IGUSP. São Paulo, 1974. (Tese de Livre Docência). 212 p.
- AMARAL, G.; KAWASHITA, K. Determinação da idade do grupo Bambuí pelo método rubídio-estrôncio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 21. Curitiba, 1967. Anais. pp. 113-122. SBG, São Paulo, 1967.
- AMARAL, G.; MATTOS, J.T.; ALMEIDA Fº, R.; CUNHA, R.P.da; PARADELLA, W.R. Carta geológica ao milionésimo da folha Belo Horizonte com base na interpretação de imagens LANDSAT. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29. Ouro Preto. Anais. v.4:229-238. SBG. Belo Horizonte, 1976.
- AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. Manual of Remote Sensing. Falls Church, 1983. 2v.
- ASSIS, L.C. Projeto mapeamento geológico do Espinhaço Meridional. Relatório da quadrícula Mato Grosso. Convênio DNPM/FUNDEPE. Diamantina, 1981.
- AUBOIN, N.J. Geosynclines. Elsevier Publ. Co. Amsterdam-London-New York. 1965

- BADGLEY, P.C. Structural and tectonic principles. Harper&Row Publishers. New York, 1965. 521 pp.
- BARBOSA, M.P. Características de feições lineares em Sensoriamento Remoto. USP. São Paulo. 1986. (Exame de Qualificação).
- BARBOSA, M.P.; SANTOS, A.R.dos; VENEZIANI, P. Relatório da excursão geológica à região de Santa Barbara (MG). INPE. São José dos Campos. 1982. 34 pp.
- BARBOSA, M.P.; SANTOS, A.R.dos; VENEZIANI, P. SCHORSCHER, H.D.; ALMEIDA ABREU, P.A. Geologia do Espinhaço Meridional através de dados de Sensoriamento Remoto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 3. Anais. INPE. Rio de Janeiro, 1984.
- BARBOSA, O. Evolution du geosynclinal Espinhaço. In: CONGRESS GEOLOGIQUE INTERNATIONAL, 19. Alger, 1952. Comptes Rendus, section 13, v.14: 17-36. Alger, 1954.
- BASTOS NETO, A. C. Projeto mapeamento geológico do Espinhaço Meridional. Relatório da quadrícula Dom Joaquim. Convênio DNPM/FUNDEP. Diamantina, 1981.
- BEURLIN, H. Sobre a origem singenético-sedimentar de alguns corpos mineralizados em chumbo, zinco e fluorita no grupo Bambuí e dispersão geoquímica primária dos elementos mineralizados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28. Anais. v.6:49-60. SBG. Porto Alegre, 1974.
- BLITZKOW, D.; GAPARINI, P.; SÁ, N.C.de; MANTOVANI, M.S.N. Crustal structures of Southeastern Minas Gerais, Brazil, deduced from gravity measurements. Rev. Bras. Geoc. v.9(1):39-49. São Paulo, 1979.
- BONHOMME, M.G. Mineralogie des fractions fines et datations rubidium-strontium dans le groupe Bambui, MG, Brésil. Rev. Bras. Geoc. v.6(4): 211-222. São Paulo, 1976.
- BOSUM, W. O levantamento aeromagnético de Minas Gerais e Espírito Santo e sua sequência quanto a estrutura geológica. Rev. Bras. Geoc. v.3 (3):149-159. São Paulo, 1973.
- BRANCO, J.J.R.; COSTA, M.T.da Roteiro da excursão Belo Horizonte-Brasília. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 14. Belo Horizonte, 1961.
- BRAUN, O.P.G. Contribuição à estratigrafia do grupo Bambuí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 22. Anais. p.155-156. Belo Horizonte, 1968.

- BRAUN, O.P.G. Contribuição à geomorfologia do Brasil Central. Rev. Bras. Geog. Ano 2(3):3-39. FIBGE, Rio de Janeiro, 1971.
- BRITO NEVES, B.de; KAWASHITA, K.; CORDANI, U.G.; DELHAL, J. A evolução geocronológica da cordilheira do Espinhaço. dados novos e integração. Rev. Bras. Geoc. v.9(1):71-86. São Paulo, 1979.
- CNEN (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR) Projeto Espinhaço Meridional. Mapa de reconhecimento geológico-radiométrico. MME. Convênio CNEN/DNPM. 1972.
- COCHRANE, G.R.; BROWNE, G.H. Geomorphic mapping from LANDSAT-3 Return Bean Vidicon (RBV) imagery. Photogr. Eng. and R. Sensing. v.47(8)1205-1213. 1981.
- CORDANI, U.G.; DELHAL, J.; LEDENT, D. Orogeneses superposes dans le Pré cambrian du Brésil Sud-Oriental (Etats de Rio de Janeiro et de Minas Gerais). Rev. Bras. Geoc. v.3(1):1-22. São Paulo, 1973.
- CORDANI, U.G.; BRITO NEVES, D.de The geologic evolution of South America during the Archean and Early Proterozoic. Rev. Bras. Geoc. Anais do ISAP. v.12(1-3):78-88. SBG. Salvador, 1982.
- DARDENNE, M.A. Síntese sobre a estratigrafia do grupo Bambuí no Brasil Central. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30. Anais. v.2:579-610. Recife, 1978.
- DERBY, O.A. Contribuição para o estudo da geologia do vale do São Francisco. Arch. Mus. Nac. v.4:89-119. Rio de Janeiro, 1881.
- DERBY, O.A. Reconhecimento geológico dos vales do Rio das Velhas e Alto São Francisco. Min. Agr. Relatório. Rio de Janeiro, 1882. 38 pp.
- DERBY, O.A. The Serra do Espinhaço, Brasil. J. Geol. v.14(3):394-401. Chicago, 1906.
- DINIS, H.B.; PINHEIRO, R.M. Projeto Mapeamento geológico do Espinhaço Meridional. Relatório da quadrícula Conselheiro Mata. Convênio DNPM/FUNDEP. Diamantina, 1980.
- DNPM/PRAKLA - CONVENIO GEOFÍSICO BRASIL-ALEMANHA. Mapas de isoanomalias de intensidade magnética total (Escala de 1:100.000). MME/DNPM. Belo Horizonte, 1971.
- DOBRIN, M.B. Introduction to geophysical prospecting. McGraw Hill Book Co. New York, 1960. 446 pp.

- DORR, J.V.N. Physiographic, stratigraphic and structural developments of Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. Geol. Surv. Prof. Pap. 641-A. Washington, 1969. 110 pp.
- DORR, J.V.N.; GAIR, J.E.; POMERENE, J.B.; RYNEARSON, G.A. Revisão da estratigrafia pré-cambriana do Quadrilátero Ferrífero. Avulso 81. DNPM/DFPM. Rio de Janeiro, 1957. 31 pp.
- DORR, J.V.N.; BARBOSA, A.L.M. Mapa geológico do distrito de Itabira, Minas Gerais, Brasil. Escala de 1:25.000. Prof. Pap. 341-C. Plate 1. Interior Geological Survey. Washington, 1963.
- DOSSIN, J.A.; DARDENE, M.A. Geologia da borda ocidental da serra do Cipó, Minas Gerais (área do Inhamé). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32. Anais. v.7:3.104-3.117. SBG. Rio de Janeiro, 1984.
- DOSSIN, J.A.; UHLEIN, A.; DOSSIN, F.M. Geologia da faixa móvel Espinhaço em sua porção meridional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32. Anais. v.7:3.118-3.132. SBG. Rio de Janeiro, 1984.
- DRAPPER, D. The high level diamond-bearing breccias of Diamantina of Brazil. R. Sci. v.4(1):6-11 e v.4(2):39-45. Rio de Janeiro, 1920. In: INDA et alii, 1984.
- EBERT, H. Beitrag zur Gliederung des Prakambriums in Minas Gerais. Geol. Rudsch. v.45(3):471-521. Stuttgart, 1957.
- EBERT, H. Discordância pré-cambriana em Carandaí, Minas Gerais. Div. Geol. Mineral. Bol. 183. Rio de Janeiro, 1958. 48 pp.
- EBERT, H. The manganese-bearing Lafaiete formation as a guide horizon in the Pre-Cambrian of Minas Gerais. Acad. Bras. Ci. Anais. v.35(4):545-559. Rio de Janeiro, 1963.
- EBERT, H. A estrutura pré-cambriana a sudoeste do Estado de Minas Gerais e áreas adjacentes. B. Paran. Geoc. v.26:42-45. Curitiba, 1967.
- ESCHWEGE, W.L.U. Geognostisches gemalde von Brasilien und warkrscheinliches muttergestein der diamanten. Landes-Industrie-Comptoir. 1822. 44 pp.
- ESCHWEGE, W.L.U. Beitrage zur gebirgekunde Brasilien mit vier petrographischen geognostischen karten und profildurchschnitten. Berlin. G. Reimer, 1882. 448 pp. In: SCHOBENRAUS et alii, 1984.
- ESCHWEGE, W.L.U. Pluto Brasiliense (Tradução para o Português - Companhia Editora Nacional, São Paulo, Sp. 1944). 1833.

- FEDINSKIY, V.V. Razvedotchnaya geofizika. Nedra. Moskva, 1967. 672 pp.
- FIGUEROLA, J.V.C. Tratado de geofísica aplicada. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, 1974. 520 pp.
- FOGAÇA, A.C.C. Projeto mapeamento geológico do Espinhaço Meridional - relatório da quadrícula Costa Sena. Convênio DNPM/FUNDEP. Diamantina, 1982.
- FOGAÇA, A.C.C.; ALMEIDA ABREU, P.A.; SCHORSCHER, H.D. Estratigrafia da sequência supracrustal arqueana da porção meridional-central da serra do Espinhaço, Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32. Anais. v.6:2.638-2.653. SBG. Rio de Janeiro, 1984.
- FONTES, C.Q.; NETTO, C.; COSTA, M.R.A.; BALTAZAR, O.F.; SILVA, S.L.; VIEIRA, V.S. Projeto Jequitinhonha. Relatório final. Belo Horizonte, 1978. 12 v.
- FREYBERG, B.von Resultado das pesquisas geológicas em Minas Gerais. Tradução parcial do trabalho de 1932 por José Menescal Campos. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 19 Simpósio das formações eopaleozóicas do Brasil. SBG. Rio de Janeiro, 1965.
- GAIR, J.E. Geology and ore deposits of the Nova Lima and Rio Acima quadrangles, Minas Gerais, Brazil. Prof. Pap. 341-A. USGS.Washington, 1962. 67 pp.
- GAY Jr., S.P. Aeromagnetic lineaments, their geological significance and their significance to Geology. In: THE NEW BASEMENT TECTONICS. American Stereo Map Cop. Salt Lake City. 1974. 94 pp.
- GROSSI SAD, J.H. Os cinturões serpentiniticos do Brasil Oriental. In: SEMANA DE ESTUDOS, 6. Ouro Preto, 1965. Complexos ultrabásicos. Mineralizações associadas. Metalurgia do Níquel. SICEG. Ouro Preto, 1968.
- GROSSI SAD, J.H.; QUADE, H. Revisão estratigráfica do grupo Bambuí (Bloco oriental) em Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 3. Anais. Bol. nº5:68-83. Belo Horizonte, 1985.
- GUIMARÃES, D. Contribuição a geologia do Estado de Minas Gerais. Ser. Geol. Min. Bol. nº 55. Rio de Janeiro, 1931.
- Guimarães, D. Arqui-Brasil e sua evolução geológica. DNPM/DFPM. Bol. 88. Rio de Janeiro, 1951, 314 pp.
- GUIMARÃES, D. Ocorrência de charnockito hiperítico entre Guanhões e Virgíópolis. 1973. Cit in: SCHORSCHER et alii, 1982.

- GUIMARÃES, D. LEINZ, V. Arqueozôico, 1951. Cit in: GUIMARÃES, 1951.
- GUY, M. Quelques principes e quelques experience sur la metodologie de la photointerpretation. In: 'SIMPÓSIO INTERNATIONAL DE PHOTOINTERPRETATION, 2. Acte. v.1:21-24. Paris, 1966.
- HACKSPACHER, P.C. Analise estrutural na sequência proterozóica Minas na área de Águas Claras, Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31. Anais. v.5:2.605-2.615. SBG. Camboriú. 1980.
- HARDER, E.C.; CHAMBERLIN, R.T. The geology of central Minas Gerais, Brazil. J. Geol. v.13:341-378 e 384-424. Chicago, 1915.
- HASUI, Y, et alii. Geocronologia da região do médio rio Doce, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29. Ouro Preto, 1976. Resumo dos trabalhos. p. 211-221. SBG. Belo Horizonte, 1976.
- HERRGESELL, G. Uma margem continental proterozóica na serra do Cipó Setentrional (serra do Espinhaço Meridional). In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 3. Anais. Bol. nº 5:1-15. Belo Horizonte, 1985.
- HERZ, N. Gneissic and igneous rocks of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. Geol. Prof. Pap. 641-B. Interior Geological Survey. Washington, 1970. 58 pp.
- HETTICH, M.A. A glaciação proterozóica no norte de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29. Resumo dos trabalhos. p. 22-23. SBG. Belo Horizonte, 1976.
- IBGE (FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA) Geografia do Brasil. Região Sudeste. v.3. Rio de Janeiro, 1977. 667 pp.
- IBGE (FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA) Carta do Brasil. Escala de 1:250.000. Folha - Belo Horizonte - SE-23-Z-C. Rio de Janeiro, 1979.
- IBGE (FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA) Carta do Brasil. Escala de 1:250.000. Folha - Ipatinga - SE-23-Z-D. Rio de Janeiro, 1982.
- IGA/SET (INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS APLICADAS/SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA) Mapa geológico, folha Belo Horizonte, 1:500.000. Projeto RADAR-MINAS GERAIS. Belo Horizonte, 1978.
- INDA, H.A.V.; SHCORSCHER, H.D.; DARDENE, M.A.; SCHOBENHAUS, C.; HARALIY, N.L.E.; BRANCO, P.C.A.; RAMALHO, R. O craton do São Francisco e a fai

- xa de dobramentos Araçuaí. In: SHOBENHAUS, C. et alii (Coordenadores). Geologia do Brasil. Texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área adjacente oceânica, incluindo depósitos minerais. Escala de 1:2.500.000. p. 193-248. DNPM. Brasília, 1984.
- KARFUNKEL, B.; KARFUNKEL, J. Fazielle. enturcklung der Mittleren Espinhaço-Zone mit besonder Berinksichtigung des telleproblems Minas Gerais, Brasilien. Geol. Jahrb. Bech. v.24:3-91. Hannover, 1977.
- KARFUNKEL, J.; NOCE, C.M. Desenvolvimento faciológico do pré-cambriano superior da região de Carandaí-São João del Rei, Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 2. Anais. p. 16-29. SBG. Belo Horizonte, 1983a.
- KARFUNKEL, J.; NOCE, C.M A formação Carandaí no centro-sul do Estado de Minas Gerais: gênese, ambiente de deposição e correlações. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 2. Anais. p. 30-37. Belo Horizonte, 1983b.
- KARFUNKEL, J. MOREIRA, P.C.M; RIBEIRO, M.C.; FRANCO, A.L.C. Aspectos genéticos e deposicionais do grupo Macaúbas na região da barragem do Paraúna (MG) e sua importância na contribuição para um modelo paleogeográfico e tectônico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32. Anais. v.7:3.091-3.103. SBG. Rio de Janeiro, 1984.
- KARFUNKEL, J. et alii. O grupo Macaúbas em Minas Gerais, revisão dos conhecimentos. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 3. Anais. Bol. n° 5:45-59. Belo Horizonte, 1985.
- KHAIN, V.E. Obschaya geotektonika. Nedra. Moskva, 1973. 510 pp.
- KNEIDL, V.; SCHORSCHER, H.D. Faziesubergange der Minas-Serie in Raum zwischen Itabira und Altamira: Minas Gerais, Brasilien. Neues Jahrb. Mineral. Geol. Paleontol. Abh. Mineral. Petrogr. p. 224-235. Stuttgart, 1972.
- LADEIRA, E.A. Primeiras lavas almofadadas ("pillows") encontradas no supergrupo Rio das Velhas, de idade arqueana, no Quadrilátero Ferrífero e no distrito de Pitangui, Minas Gerais. Ciência da Terra. v.1:12-14. São Paulo, 1981.
- LASFORGUES, P. Magnetisme in geologie et prospection magnetique au sol. Masson et Cce. Editeurs, Paris, 1966.
- LILLESAND, T.M; KIEFER, R.W. Remote sensing and image interpretation John Wiley & Sons. New York, 1979. 634 pp.

- LINTZ, Jr., J.; SIMONETTI, D.S. Remote sensing of environment. Addison-Wesley Publ. Co. Inc. Advanced Book Programm Reading. Massachusetts, 1976. 713 pp.
- LUEDER, D.R. Aerial Photographic interpretation: principles and applications. McGraw Hill. New York, 1979.
- LUZ, A.A.; PAULA, W.P.de Relatório de reconhecimento geológico-geoquímico Pitangui-Papagaios-Pequi, Minas Gerais. Missão Geologia-Geofísica Alemã. CPRM - Superintendência Regional de Belo Horizonte. Belo Horizonte, 1975.
- MARCHESE, M.G. Estromatólitos "Gymnosolinidos" en el lado oriental de Minas Gerais, Brasil. Rev. Bras. Geoc. v.4(4):247-271. São Paulo, 1974.
- MATTOS, J.T.de; CUNHA, R.P.da Estudo de sensores remotos, com aplicação de imagens LANDSAT em mapeamento geológico regional, no norte de Minas Gerais. INPE. São José dos Campos, 1977. (Dissertação de Mestrado em Sensores Remotos e Aplicações).
- MENEZES FQ, N.R.de; MATTOS, G.M.M.de; FERRARI, P.G. Projeto Três Marias. Relatório final. DNPM/CPRM. Belo Horizonte, 1977. 6 v.
- MILLER, V.C. Photogeology. McGraw Hill Book Co. Inc. New York-Toronto-London. 1961. 248 pp.
- MISSÃO GEOLÓGICA-GEOFÍSICA ALEMÃ Mapas de intensidade magnética total na escala de 1:100.000. Belo Horizonte, 1971.
- MOERI, E. On a columnar stromatolite in the Precambrian Bambui Group of Central Brasil. Eclogae Geol. Helv. v:65(1):149-151. Basel, 1972.
- MOODY, J.D.; HILL, M.J. Wrench fault tectonics. Geol. Soc. Amer. Bul. v. 67:1.207-1.246. 1956.
- MORAES, L.J.de Área ocupada pela formação Macaúbas no norte de Minas Gerais. Acad. Bras. Sci. Anais. v.4(3):111-114. Rio de Janeiro, 1932.
- MORAES, L.J.de Geologia econômica do norte de Minas Gerais. Ser. Fom. Prod. Min. Bul. 19. Rio de Janeiro, 1937. 192 pp.
- MORAES, L.J.de; GUIMARÃES, D. Geologia da região diamantífera do norte de Minas Gerais. Acad. Bras. Sci. Anais. v.2(3):153-186. Rio de Janeiro, 1930.
- MORAES REGO, L.F. As estruturas antigas do Brasil. Escola de Minas. Anais. nº 22:27-85. Ouro Preto, 1931.

MOREIRA, A.A.N.; CAMALIER, C. Relêvo. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Geografia do Brasil. Região sudeste. v.3. Rio de Janeiro, 1977. 677 pp.

NETTLETON, L.L. Elementary gravity and magnetics for geologists and seismologists. 1971.

NIMER, E. Clima. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Geografia do Brasil. Região sudeste. v. 3. Rio de Janeiro, 1977. 677 pp.

NUCLEBRÁS (EMPRESAS NUCLEARES BRASILEIRAS, S.A.) Projeto Quadrilátero Ferrífero. Escala 1:50.000. Rio de Janeiro, 1974.

NUCLEBRÁS (EMPRESAS NUCLEARES BRASILEIRAS, S.A.) Projeto Aerogeofísico Furnas. Escala 1:100.000. Folhas Belo Horizonte e Pará de Minas. Rio de Janeiro, 1977.

NUCLEBRÁS (EMPRESAS NUCLEARES BRASILEIRAS, S.A.) Mapas geológicos com interpretação geofísica. Escala de 1:250.000. Folhas Ipatinga e Belo Horizonte. Rio de Janeiro, sem data.

PADILHA, A.L. Implementação de metodologia para interpretação magnética e sua aplicação aos dados do Quadrilátero Ferrífero (MG). IAG/USP. São Paulo, 1982. 144 pp. (Tese de Mestrado).

PARASMIR, D.S. Princípios de geofísica aplicada. Cap. 7:159-166. Ed. Paraninfo. Madrid. 1970.

PFLUG, R. A geologia da parte meridional da serra do Espinhaço e zonas adjacentes, Minas Gerais. Div. Geol. Min. Bol. 226 Rio de Janeiro, 1965.

PFLUG, R. Observação sobre a estratigrafia da série Minas na região de Diamantina, Minas Gerais. Notas preliminares. Est. Div. Geol. Min. Bol. 142. DNPM. Rio de Janeiro, 1968. 20 pp.

PFLUG, R.; CARVALHO, R.T. de A evolução estrutural da região de Gouveia, serra do Espinhaço. Div. Geol. Min. Bol. 213. DNPM. Rio de Janeiro, 1964. 34 pp.

PFLUG, R. et alii. Paleogeografia do pré-cambriano na serra do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil. Deutsch Forschungsgemeinschaft, Bonn & INSTITUTO DE COLABORAÇÃO CIENTÍFICA, Tübingen. Ed. Nuevos resultados de la investigación geocientífica Alemana en Latino-América. Metzingen. G. Hauser. 1980. p.33-43.

- PFLUG, R.; RINGER, F. Estratigrafia e evolução geológica da margem SE do craton Sanfranciscano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 27. Anais. v. 2:5-19. SBG. Aracajū, 1973.
- PIRES, F.R.M.; PALERMO, N.; GARCIA, M.N.G. Análise de deformação e revisão lito-estratigráfica do supergrupo Minas no sinclinal Dom Bosco, Quadrilátero Ferrífero, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32. Anais. v.7:3.151-3.165. SBG. Rio de Janeiro, 1984.
- PLICKA, M. Observations on joint zones in Moravia Czechoslovakia. In: PROCEEDINGS OF THE FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE NEW BASEMENT TECTONICS. Utah publ. 5:279-289. Utah, 1974.
- QUÉMENEUR, J. Contribuição à tectônica e ao metamorfismo da região de Rodrigo Silva a oeste de Ouro Preto, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32. Anais. v.7:3.307 - 3.318. SBG. Rio de Janeiro, 1984.
- RENGER, F. Fazies und magmatismus des Minas Gerais in der Sudlichen Serra do Espinhaço, Minas Gerais, Brasilien. Geol. Rundsch. v.59(3):1.253-1.292. Stuttgart, 1970.
- RENGER, F. As rochas ultrabásicas da serra do Espinhaço, Minas Gerais. Rev. BRas. Geoc. v.2:151-160. São Paulo, 1972.
- RIEDEL, W. Zur mechanik geologischer Brucherscheinungen Central bl. F. Min. Geol. und Pal. v.8:354-368. 1929.
- RICCI, M. PETRI, S. Princípios de aerofotogrametria e interpretação geológica. Co. Editora Nacional. São Paulo. 1965. 226 pp.
- RIMANN, E.T. A kimberlita no Brasil. Ann. Esc. Minas. v.15:27-32. Ouro Preto, 1917.
- RIMANN, E.T. Zur kenntnis der Minas Serie in Staate Minas Gerais (Brasilien Cnetral). Min. Abt. A-Jg. p. 417-422. Stuttgart, 1920.
- RIVERAU, J.C. Notas de aula do curso de fotointerpretação. Sociedade de Intercâmbio Cultural e Estudos Geológicos. XI Semana de Estudos. Ouro Preto, 1972.
- RIVERAU, J.C.; FONTANEL, A. Remote sensing as an aid to petroleum and mining exploration. IPA. 5th. Annual Convention. Jakarta, 1976.
- ROTHER, E.; ROTHER, J.P. Prospection geophysique. Cap. IV:385-409. Gauthier-Villais, Imprimeur-Editeur. Paris, 1950.
- SABINS Jr., F.F. Remote sensing principles and interpretation. W. H. Freeman & Co. San Francisco, 1978. 437 pp.

- SADOWSKI, G.R. Sobre a geologia estrutural de cinturões de cisalhamento continentais. USP. São Paulo, 1983, 108 pp. (Tese de Doutorado).
- SADOWSKI, G.R.; SOUZA, A.P.; BERGMAANN, M.; BERTACHINI, A.C.; ANGELI, N. Análise estrutural preliminar ao longo de uma seção transversal ao sinclinal da Moeda. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33. Anais. v.7:3.393-3.399. Rio de Janeiro, 1984.
- SANTOS, A.R. dos Estudos sobre a tectônica de fraturamento da região do Quadrilátero Ferrífero e em partes do Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais, com base em sensoriamento remoto. USP. São Paulo, 1986. (Tese de Doutorado).
- SCHNEIDERHONN, P. Brasilianische gesteine. Neus Jahrb. Mineral. Geol. Palaontol. Abh. Mineral. Petrogr. v.70:151-201, Stuttgart, 1935.
- SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.deA.; DERZE, G.R.; ASMUS, H.E. (coord.) Mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais. Escala 1:2.500.000. DGM-DNPM. Brasília, 1982.
- SCHOBENHAUS F. et alii. Carta geológica do Brasil ao milionésimo. Folha Belo Horizonte. DNPM. Brasília, 1978.
- SCHOLL, W.U. Estromatólitos (connophyton) em dolomitos do grupo Bambuí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29. Resumo dos trabalhos. SBG. Belo Horizonte, 1976a.
- SCHOLL, W.U. Estratigrafia do grupo Bambuí, na parte sudeste da bacia do São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. Resumo dos trabalhos. SBG. Belo Horizonte, 1976b.
- SCHOLL, W.U.; SOUZA, O.M. Geologia da folha Baldin, Minas Gerais, Brasil. DNPM_SGM. Bol. 814. Rio de Janeiro, 1970.
- SCHOLL, W.U.; FOGAÇA, A.C.C. Estratigrafia da serra do Espinhaço na região de Diamantina, MG, Brasil. Nucl. Minas Gerais. v.1:55-73. SBG. Belo Horizonte, 1980.
- SCHORSCHER, H.D. Entwicklung des polyimtamorphen prakambrischen Raumes I tabira, Minas Gerais, Brasilien. Heidelberg Universitat. Heidelberg, 1975. 304 pp. (Tese de Doutorado).
- SCHORSCHER, H.D. Komatitos na estrutura "greenstone belt" serie Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30. Resumo das comunicações. p.292-293. Recife, 1978.

- SCHORSCHER, H.D. Evolução geotectônica e petrogenética do embasamento arqueano do Quadrilátero Ferrífero. Acad. Bras. Cienc. Anais. 51(4):764-769. 1979a.
- SCHORSCHER, H.D. Evolução arqueana e proterozóica do Quadrilátero Ferrífero e partes meridionais da serra do Espinhaço. In SIMPÓSIO SOBRE A GEOLOGIA DO CRATON DO SÃO FRANCISCO, 1. Resumos. Salvador. 1979b.
- SCHORSCHER, H.D. Contribuição a estratigrafia proterozóica do Quadrilátero Ferrífero. Acad. Bras. Cienc. Anais. v.52(1):195. Rio de Janeiro, 1980.
- SCHORSCHER, H.D.; GUIMARÃES, P.F. Estratigrafia e tectônica do supergrupo Minas e geologia do distrito ferrífero de Itabira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29. Ouro Preto. 1976. Roteiro das excursões. p. 75-86. SBG. Belo Horizonte, 1976.
- SCHORSCHER, H.D. SANTANA, F.C.; POLONIA, J.C.; MOREIRA, J.M.P. Quadrilátero Ferrífero - Minas Gerais State: Rio das Velhas Greenstone Belt and Proterozoic rocks. In: INTERNATIONAL SYMP: ARCHEAN & EARLY PROTEROZOIC CRUSTAL EVOL. & METALL: ISAP. Excursion guide (anne). Field trip n. 3. SPM/SME. Salvador, 1982. 44 pp.
- SCHWARZER, T.F.; ADAMS, J.A.S. Rock and soil discrimination by low altitude airborne gamma-ray spectrometry in Payne County, Oklahoma. Economic Geology. v.68:1.297-1.312. 1973.
- SHARMA, P.V. Geophysical methods in geology. p. 312-318. Amsterdam, 1978.
- SIMMONS, G.C.; MAXWELL, C.H. Grupo Tamanduá da série Rio das Velhas. Div. Geol. Min. Bol. nº 211. Rio de Janeiro, 1961. 30 pp.
- SOARES, P.C.; FIORI, A.P. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. Not. Geomorfol. nº16(32):71-104. Campinas, 1976.
- SOARES, P.C.; BARCELOS, S.M.; MATTOS, J.T.; BALIEIRO, M.G.; MENEZES, P.R. Lineamentos em imagens de LANDSAT e de radar e suas implicações no conhecimento da bacia do Paraná. In SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2. Anais. p. 143-156. INPE. Brasília, 1982a.
- SOARES, P.C.; REDALLI, R.; GUERRA, S.M.S.; BERRINI, L.C. Análise morfoestrutural em fotos aéreas: aplicação na prospecção de hidrocarbonetos na bacia do Paraná. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2. Anais. p. 157-168. Brasília, 1982b.

- SPERBER, M.V. Geologie des Prakambrium am Sud-West-Rand der serra do Cipó (serra do Espinhaço-Minas Gerais-Brasilien). 1975. 79 pp. (Tese de Doutorado).
- STACEY, F.D.; BANERJEE, S.K. The physical principles of rocks magnetism. Elsevier. Amsterdam, 1974.
- STEFFEN, C.A.; SOUZA de, R.C.M. Sistema LANDSAT. In: INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Dept. de Sens. Remoto. Curso de Treinamento: Aplicação de Sensoriamento Remoto com Ênfase em Imagens LANDSAT, no Levantamento de Recursos naturais. Cap. 1:1-24. INPE. São José dos Campos, 1980.
- SPIX, J.B. von; MARTIUS, C.F.P. von. Reise in Brasilien. Munich, 1831.
- STILLE, H. Tektonische Beziehungen zwischen Nordamerika und Europa. XXVI Int. Geol Cong. p. 819-838. Washington, 1933. In: AUBOIN, J. Geosynclines. Elsevier Publ. Co. Amsterdam-London-New York, 1965.
- TATOR, B.A. Photointerpretation in Geology. In: MANUAL OF PHOTOGRAPHIC INTERPRETATION. Amer. Soc. Photog. p. 169-342. Washington, 1960.
- TCHALENKO, J.S. Similarities between shear zones of different magnetudes. Geol. Soc. Amer. Bull. v.81:1.625-1.640. 1970.
- TEIXEIRA, W. A evolução da porção meridional do craton do São Francisco, com base em interpretações geocronológicas. USP. São Paulo, 1985. (Tese de Doutorado).
- TEIXEIRA, W. Geochronology of the southern part of the São Francisco Craton. Rev. Bras. Geol. Anais do ISAP. v.12(1-3):268-277. Salvador, 1982.
- TELFORD, W.M.; GELDART, L.P.; SHERIFF, R.E.; KEYS, D.A. Applied Geophysics. Cambridge University. London, 1978. 875 pp.
- THORPE, R.J., CUMMING, G.L.; KRSTIC, D. Lead isotope evidence regarding age of gold deposits in Nova Lima District, Minas Gerais, Brasil. Rev. Bras. Geoc. v. 14(3):147-152. São Paulo, 1984.
- UHLEIN, A. Projeto mapeamento geológico do Espinhaço Meridional. Relatório da quadrícula Serro-Contenda. Convênio DNPM/FUNDEP. Diamantina, 1981.
- UHLEIN, A. DARDENNE, M.A. Estratigrafia e tectônica da região de Serro (MG), borda leste da serra do Espinhaço Meridional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32. Anais. v. 4:2.289-2.301. SBG. Rio de Janeiro, 1984.

VENEZIANI, P. Análise de movimentos da tectônica rúptil e rúptil-ductil através da interpretação de produtos de sensores remotos na região do Espinhaço Meridional (MG): uma correlação com os processos evolutivos. USP. São Paulo, 1986. 175 pp. (Tese de Doutorado).

VENEZIANI, P.; ANJOS, C.E. dos Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações em geologia. INPE. São José dos Campos, 1982. 61 pp.

VIALON, P.; RUHLAND, M.; BROLIER, J. Elements des tectonique analitique. Masson. Paris, 1976. 115 pp.

WILCOX, R.E.; HARDING, T.P.; SEE LEY, D.R. Basic Wrench Tectonics. Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull. v. 57(1):74-96. 1973..

APÊNDICE 1

DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS PONTOS VISITADOS NO CAMPO

(Localização no anexo - 30)

Ponto 01

Biotita gnaiss com granada.

Foliação: NS-70E

Ponto 02

Biotita gnaiss com granada.

Foliação: N20E-50E

Ponto 03

Biotita gnaiss com granada.

Foliação: NS-70E

Fraturas: EW-80N

NS-70W

Ponto 04

Migmatitos com pequenas dobras; não observou-se a granada.

Foliação: NS-70E

Ponto 05

Migmatitos finamente bandados.

Foliação: N20W-55NE

Fraturas: EW-75N

N70W-80NE

Ponto 06

Gnaisses intemperizados; grande quantidade de veios pegmatíticos.

Foliação: N20E-Subvertical

Fraturas: N30E-65NW (veios pegmatíticos)

N20E-70NW

N70W-25NE

EW-75S

Ponto 07

Migmatitos bandados com dobras e granada.

Foliação: NS-70E

Faturas: N20W-75NE

N30E-10NW

N80E-75SE

N60E-55SE

EW-30N

N80E-60NW

Ponto 08

Biotita gnaiss.

Foliação: NS-50E

Ponto 09

Granitoides; relevo acidentado.

Foliação: N60W-35NE

Faturas: N20E-78NW

N60W-35NE

EW-15S

N40E-65NW

Ponto 10

Granitoides; relevo acidentado.

Foliação: N50W-45NE

Ponto 11

Não foram encontrados afloramentos; relevo levemente ondulado, so
lo argiloso de cor amarela.

Ponto 12

Biotita gnaisses finamente bandados.

Foliação: N30W-Subvertical

Faturas: N70E-75NE

N10E-35NW - veios pegmatíticos com muscovita.

Ponto 13

Biotita gnaisses bandados.

Foliação: NS-50E

Fraturas: N70E-55NW

N70E-40NW (algumas preenchidas por material granítico fino)

N10W-15NE

N70E-80SE

Ponto 14

Charnockito bandado, com xenólitos de biotita gnaisses.

Foliação: N10W-70NW

Fraturas: EW-70N

NS-75W

N70W-50NE (veios de quartzo)

EW-45S

Ponto 15

Migmatitos homogêneos; relevo acidentado, apresentando encostas mais abruptas.

Foliação: N10W-45SW

Fraturas: N30W-55NE

N20W-35NE

N65W-60NE

N30W-55NE (veios de quartzo)

N80E-80NW

Ponto 16

Migmatito heterogêneo com xenólitos dos migmatitos anteriores e de charnockitos.

Foliação: N10E-55NW

Fraturas: N20E-10NW

N20E-40NW (veios pegmatíticos com turmalina)

NS-45W

N20W-55NE

N50E-20NW

NS-70E

Ponto 17

Biotita granada gnaisse.

Foliação: N50E-40NW

Fraturas: N40E-70NW
N10E-60NW
N80W-Subvertical
N70E-45SE (algumas preenchidas por material granítico fi
no)
N20W-20NE
N50W-60NE

Ponto 18

Quartzo-mica xisto intemperizado.

Foliação: N15E-30SE

Fraturas: N20E-80NW

N20E-75SE

N40E-85NW

N80W-75NE

Ponto 19

Quartzo-mica xisto.

Foliação: N20E-Subvertical

Fraturas: N80W-60NW - principal

N45W-80NE

N70E-Subvertical

Ponto 20

Córrego Ilheus. Não foram encontrados afloramentos; mudanças de re
levo suavemente ondulado para relevo ondulado.

Ponto 21

Biotita gnaisses bandados.

Foliação: N35E-50SE

Fraturas: N50W-70NE

N40E-Subvertical

N70E-40NW

Ponto 22

Biotita gnaisses milonitizados

Foliação: N20W-15SW

Fraturas: N30E-75NW

N50W-Subvertical

EW-70S (algumas preenchidas por veios de quartzo)
N80E-30NW (algumas preenchidas por veios pegmatíticos com muscovita)
N50W-30NE
N80E-55SE (preenchidas por quartzo e muscovita)

Ponto 23

Migmatito milonitizado.
Foliação: N10E-40NW
Fraturas: N10E-70NW (veios pegmatíticos)
N80E-70SE (veios pegmatíticos)
EW-35N (veios pegmatíticos)
N10E-45NW
N80W-80NE
EW-70S
N80E-Subvertical
N50W-40SW

Ponto 24

Migmatitos milonitizados
Foliação: N10E-70NW

Ponto 25

Migmatitos e granitóides; relevo escarpado do tipo pão-de-açúcar.

Ponto 26

Biotita gnaisses bandados.
Foliação: N10E-70NW
Fraturas: EW-70N
N40W-60NE

Ponto 27

Biotita gnaisses milonitizados.
Foliação: N10E-20NW
Fraturas: NS-Subvertical
N50W-Subvertical
EW-80S
N50E-60NW
N10E-45NW

Ponto 28

Migmatitos milonitizados com feldspato rosa.

Foliação: NS-55NW

Ponto 29

Migmatito milonitizado.

Foliação: NS-50NW

Ponto 29a

Grande corpo pegmatítico, com pouca muscovita e bastante turmalina.

Fraturas: NS-50W

N40E-70NW

N20E-Subvertical

Ponto 30

Granulito (ver descrição da lâmina no Apêndice 2).

Foliação: NS-70NW

Fraturas: EW-Subvertical

N60W-20SW

N35E-70NW

NS-70W (preenchidas por veios de quartzo)

Ponto 31

Migmatitos oftálmicos.

Foliação: NS-50W

Fraturas: NS-50W (veios pegmatíticos)

Ponto 32

Charnockitos.

Foliação: N50W-55NE

Ponto 33

Charnockitos.

Foliação: N50W-55NE

Fraturas: N05W-Subvertical

N40W-Subvertical (veios de quartzo)

N20W-70NE (veios de quartzo)

N50W-55NE (veios preenchidos por material granítico fino, leucocrático).

Ponto 34

Charnockitos migmatizados.

Foliação: N50W-55NE

Fraturas: N40W-Subvertical (veios pegmatíticos com granada)

N20W-45SW

N10W-Subvertical

N40W-75NE

N20E-Subvertical

N20W-Subvertical

N55W-60SW

N10E-25NW

A 1.000 metros adiante: charnockitos migmatizados com muita granada e biotita gnaiss.

Foliação: N55W-45NE (charnockito)

N20E-35NW (biotita gnaiss)

Fraturas: EW-60N (preenchidas por quartzo)

N70E-40SE (preenchidas por quartzo)

N30E-20NW

} conjugado

Ponto 35

Biotita granada gnaiss.

Foliação: N20E-45SE

Ponto 36

Biotita gnaiss.

Foliação: N20E-60NW

Fraturas: N10E-80NW

N20W-30SW

N20E-25NW

N80W-Subvertical

N80W-50NE

N45W-Subvertical

N80E-Subvertical

N30E-60SE

N50E-30NW

EW-35S

Ponto 37

Biotita granada gnaissé.

Foliação: N20W-55E

Faturas: N20W-60SW

N10E-55NW (veios de material granítico fino)

N85W-70NE

N50W-75NE

NS-25W

N50E-55NW

Ponto 38

Quartzo-mica xisto.

Foliação: NS-80W

Faturas: EW-45N

N20E-20NW

Ponto 39

Relevos levemente ondulado; solo argiloso, amarelo avermelhado.

Ponto 40

Quartzo-mica xisto

Foliação: N10E-35SE

Ponto 41

Quartzo-mica xisto; afloramento intemperizado.

Foliação: N30W-25NE

a 700 metros:

Foliação: N05W-30SW

Ponto 42

Quartzo-mica xisto finamente bandado (afloramento intemperizado).

Foliação: N20W-30NE

Ponto 43

Quartzo-mica xisto.

Foliação: N80W-30NE

Faturas: N60W-45NE

N40W-Subvertical } conjugado
N40E-60NW
EW-70E

Ponto 44

Quartzo-mica xisto.

Foliação: N20E-40SE

Ponto 45

Quartzo-mica xisto.

Foliação: N05E-20SE

Ponto 46

Quartzo-mica xisto.

Foliação: NS-35S

Ponto 47

Biotita gnaisses dobrados.

Foliação: N10W-30NE

Fraturas: N20W-15NE

N20W-30NE (veios pegmatíticos)

EW-Subvertical

N40W-25NE

N40E-Subvertical

Ponto 48 -

Quartzo-mica xisto.

Foliação: NS-45E

Ponto 49

Quartzo-mica xisto.

Foliação: NS-40E

Ponto 50

Possante veio pegmatítico; garimpo de água marinha, berilo, quartzo e mica.

Ponto 51

Migmatitos aparentemente dobrados, com granada e veios pegmatíticos (afloramento intemperizado).

Ponto 52

Granitóide bandado (ver descrição da lâmina no Apêndice 2).

Foliação: N40W-40NE

Fraturas: N40W-40NE (veios pegmatíticos com turmalina)

N80W-70NE

N50E-Subvertical

N70E-70NW

NS-Subvertical

Ponto 53

Granitóide bandado.

Foliação: N40W-20NE

Fraturas: N30W-20NE

EW-70S

N20W-Subvertical

NS-Subvertical

N20E-Subvertical

N60W-70NE

Ponto 54

Granitóide.

Foliação: N40W-30NE

Ponto 55

Migmatitos intemperizados; observa-se um corpo pegmatítico com granada e turmalina.

Foliação: N40W-50NE

Ponto 56

Biotita gnaiss.

Foliação: N20W-30NE

Ponto 57

Blocos rolados de granitóide bandado com granada. O relevo é do tipo pão-de-açúcar.

Ponto 58

Granitóide bandado.

Foliação: N80E-30NW

Ponto 59

Granitóide (blocos rolados).

Ponto 60

Granitóide bandado.

Foliação: N50E-40NW

Ponto 61

Biotita gnaisses.

Foliação: N60W-50NE

Fraturas: N05W-50SW

N40W-Subvertical

N70W-30NE

N20W-Subvertical

N70E-65NW

N50E-Subvertical

Ponto 62a

Biotita gnaisses.

Foliação: N80E-55NW

Ponto 62

Metaconglomerado (гнаisses) (ver descrição da lâmina no Apêndice 2).

Foliação: N10W-50SW

Fraturas: N50E-Subvertical

N40W-70NE

N10E-50NW

N50E-Subvertical

N70E-65NW

N20W-75NE (veios de quartzo)

Ponto 63

Biotita gnaisses.

Foliação: N80E-70NW

Ponto 64

Granito bandado (blocos rolados).

Ponto 65

Biotita gnaisses.

Foliação: N20E-30NW

Ponto 66

Biotita gnaisses.

Foliação: N80E-50NW

Ponto 67

Biotita gnaisses.

Foliação: N20W-35NE

a 1,5km adiante:

Foliação: N35W-30NE

Ponto 68

Granitóide bandado; relevo tipo pão-de-açúcar.

Foliação: N65W-Subvertical

Fraturas: N80W-50NE (veios de quartzo)

NS-50W

N20E-70NW

N70E-40NW

N20W-Subvertical

Ponto 69

Granitóide bandado.

Foliação: N60W-55NE

Fraturas: N80W-70NE (veios de quartzo)

N40W-Subvertical

N40E-Subvertical

N70E-Subvertical

NS-Subvertical

Ponto 70

Granitóides bandados.

Foliação: N60W-60NE

Ponto 71

Granitóides bandados com feldspato rosa.

Foliação: N35W-Subvertical

Fraturas: N70E-30NW

EW-80N

N20W-60SW

N50E-50NW

NS-Subvertical

N40W-Subvertical

Ponto 72

Charnockitos e biotita gnaisses bandados com granada.

Foliação: N10W-70SW

Fraturas: N70W-25NE

NS-35W

N20W-50SW

N40W-20NE

Ponto 73

Biotita-granada gnaisse finamente bandado.

Foliação: N80E-35NW

Fraturas: EW-Subvertical

N50E-40SE

N60W-75NE

EW-45S

N40W-Subvertical

N10E-Subvertical

N20W-70NE

N80E-30SE

Ponto 74

Biotita-gnaiss intemperizado.

Foliação: N50E-50NW

Fraturas: N20W-Subvertical

N80W-Subvertical

N10E-60SE

N70W-70NE

NS-45W

Ponto 75

Quartzo-mica xisto.

Foliação: N50W-50SW

Ponto 76

Biotita gnaiss.

Foliação: N30E-45NW

Fraturas: N40W-70SW

N45W-55NE

N40E-Subvertical

Ponto 77

Quartzo mica xisto

Foliação: N45W-40SW

Ponto 78

Granitóide com granada; relevo tipo pão-de-açúcar.

Foliação: N20E-40NW

Ponto 79a

Biotita gnaiss finamente bandado; relevo suavemente ondulado.

Foliação: N20E-40NW

Faturas: N75E-80SW

N40W-65SW

N40E-Subvertical

N15E-50NW

N80W-Subvertical

Ponto 79

Biotita gnaiss cataclasado.

Foliação: N50E-Subvertical

Faturas: N45W-Subvertical

N35E-Subvertical

N80W-80NE

NS-60W

N20W-Subvertical

Ponto 80

Protomilonitos.

Foliação: N30-40E-75NE

Faturas: N40W-Subvertical

N50E-Subvertical

N50W-Subvertical

N20E-Subvertical

Ponto 81

Quartzitos micáceos.

Foliação: N20W-80NE

Ponto 82

Biotita gnaiss cataclástico (ver descrição de lâmina no Apêndice 2).

Foliação: N10E-35SE

Fraturas: N20W-Subvertical (veios pegmatíticos)

Ponto 83

Quartzito ferruginoso, associado a xisto.

Foliação: N50W-25NE

Fraturas: N30E-Subvertical

N80W-Subvertical

N60W-Subvertical

N50W-55SW

N20W-Subvertical (veios de quartzo)

NS-30W (veios de quartzo)

Ponto 84

Rocha xistosa finamente bandada e intemperizada.

Foliação: N70W-40SW

a 2km adiante: biotita gnaiss

Foliação: N50W-40NE

Ponto 85

Quartzo xisto.

Foliação: NS-35E

Ponto 86

Quartzito ferruginoso intemperizado.

Foliação: N10E-20SE

Ponto 87

Quartzito ferruginoso e quartzito micáceo.

Foliação: N10E-30SE

Fraturas: N30E-45SE

Ponto 88

Quartzitos micáceos.

Foliação: N10E-20SE

Fraturas: N20W-15NE (veios de quartzo)

N10W-70SW (veios de quartzo)

N80W-Subvertical
N70W-55SW
N65W-70SW
EW-Subvertical
N20E-Subvertical
N20W-Subvertical
N40W-Subvertical
NS-Subvertical (veios de quartzo)
N50E-75SE

Ponto 89

Quartzito claro.
Foliação: N10E-25SE
a 300 metros: biotita gnaisses.
Foliação: N10E-25SE

Ponto 90

Biotita gnaisses.
Foliação: N10E-25SE

Ponto 91

Biotita gnaisses.
Foliação: N10E-25SE

Ponto 92

Biotita gnaisse.
Foliação: N50W-60NE
Fraturas: N10E-N50W - veios pegmatíticos
N20W-Subvertical
N80E-Subvertical
N50W-50NE

Ponto 92a

Quartzito.
Foliação: N50W-15NE

Ponto 93

Quartzito.
Foliação: N50W-30NE

Fraturas: N30E-60NW
N50W-Subvertical
NS-60W
N80W-Subvertical
N80E-70SE

Ponto 94

Quartzito micáceo muito fino, de cor cinza claro.
Foliação: N50W-35NE

Ponto 95

Quartzito micáceo finos.
Foliação: N50W-35NE

Ponto 96

Quartzito.
Foliação: N50W-15NE
Fraturas: NS-Subvertical
N50W-75SW
N50W-Subvertical

Ponto 97

Quartzito micáceo de cor rosa.
Foliação: N40W-20NE

Ponto 98

Quartzito micáceo.
Foliação: N50W-25NE

Ponto 99

Quartzito micáceo muito fino.
Foliação: N30W-25NE

Ponto 100

Quartzito branco intemperizado.
Foliação: N40W-30NE

Ponto 101

Quartzito micáceo.
Foliação: N20W-30NE

Ponto 102

Quartzito micáceo.

Foliação: N20W-30NE

Fraturas: N50E-Subvertical

N60W-Subvertical

NS-70W (veios de quartzo)

Ponto 103

Quartzito micáceo.

Foliação: N30W-40NE

Fraturas: N20E-50SE

EW-Subvertical

N20W-Subvertical

Ponto 104

Quartzito maciço.

Foliação: N30W-60NE

Ponto 105

Quartzito maciço de cor cinza.

Foliação: N30W-60NE

Fraturas: N80W-80SW

N60W-Subvertical

NS-60W

N20W-30NE

Ponto 106

Quartzitos maciços.

Foliação: N40W-40NE

Fraturas: EW-Subvertical

N10E-30SE

EW-60S

N40W-80NE

NS-Subvertical

N20W-65SW

NS-20E

N80E-80NW

N40E-55NW

Ponto 106a

Mármore de cor cinza com dobras desarmônicas convolutas.

Foliação: N20W-40E

Fraturas: N40W-60NE

Ponto 107

Mármore.

Foliação: N40W-20SW

Fraturas: N50W-Subvertical

N40E-Subvertical

N20E-Subvertical

N30E-60SE

N60W-75SW

Ponto 108

Argilitos intemperizados e dobrados.

Foliação: N10W-15NE

Ponto 109

Argilitos intemperizados.

Foliação: NS-10E

Fraturas: EW-75S

N30W-80NE

N30W-55NE

N40E-70SE

Ponto 110

Argilitos intemperizados.

Foliação: NS-15E

Fraturas: N20W-60SW

N65W-30SW

N80E-70NW (veios de quartzo)

N30E-50NW

Ponto 111

Argilitos intemperizados.

Foliação: NS-30E

Fraturas: EW-Subvertical

N30E-20NW

N80E-Subvertical

N10E-55SE (veios de quartzo)

Ponto 112

Argilitos intemperizados.

Foliação: N10W-15NE

Faturas: N60W-Subvertical

EW-Subvertical

N10E-75NW (veios de quartzo)

Ponto 113

Argilitos intemperizados.

Foliação: N10W-50SE

Faturas: EW-Subvertical

Ponto 114

Calcários microcristalinos de cor cinza.

Foliação: N10W-25NE

Faturas: N70W-Subvertical

N30E-50SE

N20W-55SW

Ponto 115

Argilitos intemperizados.

Foliação: N10W-20NE

Ponto 116

Argilitos intemperizados.

Foliação: N10W-50NE

Faturas: EW-Subvertical

N70W-Subvertical

N10E-75SE

N20W-50SW (veios de quartzo)

Ponto 117

Argilitos intemperizados.

Foliação: N10W-30NE

Ponto 118

Argilitos intemperizados.

Foliação: N80E-20SE

N80W-Subvertical

N30E-70SE

EW-75N

N30E-20SE (veios de quartzo)

Ponto 119

Argilito intemperizado.

Foliação: N10E-20SE

EW-Subvertical

N80W-55SW

N20E-Subvertical

N50E-40SE

N20E-40NW

N20E-40SE (veios de quartzo)

Ponto 120

Argilito intemperizado.

Foliação: NS-50E

Ponto 121

Argilito intemperizado.

Foliação: N10E-20SE

Ponto 122

Argilito intemperizado.

Foliação: N20E-10SE

Ponto 123

Argilito intemperizado.

Foliação: N30E-30SE

Ponto 124

Argilito intemperizado.

Foliação: N45W-35NE

Faturas: EW-Subvertical

N20W-65NE

N40W-Subvertical (veios de quartzo)

N50E-Subvertical

N80W-75SW

Ponto 125

Corpo pegmatítico.

Direção: N40W

Faturas: N80E-Subvertical

NS-50W

N20W-60SW (veios de cristais de quartzo)

Ponto 126

Argilito intemperizado.

Foliação: N10E-40SE

Ponto 126a

Argilito intemperizado.

Foliação: N10W-10SE

Faturas: N20W-75SW

N20E-Subvertical

EW-80S

Ponto 127

Argilito intemperizado.

Foliação: N45W-55NE

Faturas: EW-75S

N20E-60NW

N10W-70SW (veios de quartzo)

N40W-40SW (veios de quartzo)

Ponto 128

Argilito intemperizado.

Foliação: N30W-35NE

N40E-Subvertical (veio de quartzo)

N20W-45SW

N50W-70SW

Ponto 129

Argilito intemperizado.

Foliação: N10W-35NE
Fraturas: NS-80SE
N65W-Subvertical
EW- Subvertical
N10E-Subvertical (veios de quartzo)

Ponto 129a

Argilito intemperizado.
Foliação: N10W-30NE
Fraturas: N80W-Subvertical
N20E-60NW
N80W-75SW
N80E-Subvertical
N20W-Subvertical

Ponto 130

Calcários cinza escuro com calcita recristalizada.
Foliação: N10E-30SE
Fraturas: N80W-Subvertical
N20W-70NE
N20E-65SE
N60W-75SW
N80E-20NW

Ponto 131

Calcáreo intemperizado.
Foliação: N65W-15NE
Fraturas: N80W-Subvertical
N50W-Subvertical

Ponto 132

Argilitos intemperizados com veios de quartzo.

Ponto 133

Calcáreo cinza escuro.
Foliação: N10E-25NW

Ponto 134

Argilitos intemperizados.
Foliação: NS-15NW

Fraturas: N80W-Subvertical
N20E-40SE

Ponto 135

Argilitos intemperizados.
Foliação: N60W-15NE
Fraturas: N80W-75NE
N70E-60SE
N20E-80NW
N50E-Subvertical

Ponto 136

Argilitos intemperizados.
Foliação: N40W-15SW
Fraturas: N80W-Subvertical
N30E-Subvertical
N05W-80SW

Ponto 137

Calcáreo cinza escuro.
Foliação: N10W-15NE
Fraturas: N50W-50NE
NS-45E (veios de calcita)
N80E-45SE

Ponto 138

Calcáreo cinza escuro.
Foliação: N10W-15NE
Fraturas: N80W-50SW
N20W-50SW
N70E-40SE
N10E-60NW

Ponto 139

Argilito intemperizado.
Foliação: N10W-10SW
Fraturas: N30E-65SE
NS-60E
N40W-Subvertical

N05W-80NE

N80W-70SW

N60W-60NE

N20W-60NE

Ponto 140

Não foram encontrados afloramentos; relevo plano; solo argiloso, vermelho escuro a amarelado.

Ponto 141a

Ardoseas; Mineração Vale do Sol.

Ponto 141

Quartzito cinza claro, micáceo, maciço.

Foliação: EW-45S

Fraturas: N80W-65SW

N50W-70SW

N20E-Subvertical

N20W-80SW

N20E-30SW

Ponto 142

Biotita gnaiss (ver descrição de lâmina no Apêndice 2).

Foliação: N10W-30NE

Fraturas: N80W-Subvertical

N10W-Subvertical (veios graníticos finos)

Ponto 143

Biotita gnaiss.

Foliação: N70E-20SE

Fraturas: N70E-75SE

N40E-80SE

N20E-50NW

N05W-60NE

N20W-40NE

N80W-50NE

Ponto 144

Metavulcânicas.

Foliação: N40W-60SW
Fraturas: N80W-60SW
 N40E-Subvertical
 N20E-Subvertical
 N30E-75NW
 N80W-50NE

Ponto 145

Não foram encontrados afloramentos; grande quantidade de detritos de pegmatito no solo.

Ponto 146

Possante veio pegmatítico.
Direção: N60E
Fraturas: N70W-Subvertical
 N40E-30SE
 N20W-Subvertical

Ponto 147

Metavulcânica milonitizada (ver descrição de lâmina no Apêndice 2).
Foliação: N80W-75SW
Fraturas: N40W-Subvertical
 N40W-45NE
 N70E-40NW
 N40E-65NW

Ponto 148

Metavulcânica milonitizada e grande quantidade de detritos de pegmatitos no solo.
Foliação: N45W-55SW

Ponto 149

Metavulcânicas; mina de agalmatolito.
Foliação: N40W-55SW
Fraturas: NS-55W
 N60E-65NW
 N50W-55SW
 N70E-30NW
 N20W-70SW
 N30E-Subvertical

Ponto 150

Metavulcânica.

Foliação: N40W-85NE

Fraturas: N80W-45NE (veios de quartzo preto)

N40W-Subvertical (veios de quartzo preto)

Ponto 151

Metavulcânica intemperizada.

Foliação: N20W-Subvertical

Fraturas: N70E-60NW

N20W-55NE

N30E-15SE

N40W-Subvertical

N60W-55SW

N40E-Subvertical

N30E-55NW

Ponto 152

Metavulcânica milonitizada.

Foliação: N20W-70NE

Fraturas: N65W-Subvertical

N30E-Subvertical

N20W-30SW

N30E-50NW (veios de quartzo)

N10W-10NE

Ponto 153

Granitóide leucocrático com carbonatos (ver descrição de lâmina no Apêndice 2).

Fraturas: N20W-75NE

N50E-35NE

N35W-45SW (veios de calcita)

N20W-45SW

EW-70N

N80W-45SW

Ponto 154

Metavulcânica.

Foliação: EW-45N

Fraturas: N10W-40SW (veios de quartzo)

Ponto 155

Migmatito (ver descrição de lâmina no Apêndice 2).

Ponto 156

Migmatito.

Foliação: N60W-40NE

Fraturas: EW-Subvertical

N50E-Subvertical

N20W-65NE

N10E-Subvertical

N40W-80NE (veios de quartzo)

Ponto 157

Migmatito.

Foliação: N10W-50NE

Fraturas: N40E-70NW

N70E-Subvertical

N45W-70SW

EW-Subvertical

NS-Subvertical

Ponto 158

Migmatitos.

Foliação: N10W-30SE

Fraturas: N20W-Subvertical

N40E-70NW

N80W-20SW

N40W-40NE

N20W-20SW (veios de quartzo)

N40W-35NE (veios de quartzo)

Ponto 159

Migmatitos.

Foliação: N60W-35SW

Fraturas: N40W-Subvertical (veios pegmatíticos)

Ponto 160

Não foi encontrado afloramento; solo argiloso verde escuro.

Ponto 161

Metavulcânica.

Foliação: N05W-40SW

Fraturas: N40W-40NE

N10E-75NW

N70E-60NW

N40E-Subvertical

EW-35N

Ponto 162

Metabasito (ver descrição de lâmina no Apêndice 2).

Foliação: N80W-80NE

Fraturas: N10W-Subvertical

N30E-70NW

EW-45N

Ponto 162a

Metavulcânica.

Foliação: NS-60NW

Ponto 163

Metavulcânica.

Foliação: N35E-65NW

Fraturas: N10E-70SE (veios de quartzo)

Ponto 164

Metavulcânica milonitizada.

Foliação: N10E-55NW

Ponto 165

Biotita gnaiss.

Foliação: NS-35W

Fraturas: N40W-Subvertical (veios de quartzo)

Ponto 166

Biotita gnaissé.

Foliação: N40W-30SW

Fraturas: N75W-60NE

N40W-Subvertical (veios de quartzo)

N50E-Subvertical

N40W-15SW

N10E-25NW

N70W-20SW

N70E-75NW

N20W-Subvertical

Ponto 167

Biotita gnaissé.

Foliação: N80W-50SW

Fraturas: N55E-85NW

N70E-45NW (veios de quartzo)

N20W-Subvertical

N40E-10SE

N70W-65SW

Ponto 168

Biotita gnaissé.

Foliação: N80E-55NW

Fraturas: N50E-55NW

N40W-Subvertical

N60W-Subvertical

N20E-65NW

N70E-65NW

Ponto 169

Quartzito.

Foliação: N70E-60NW

Fraturas: NS-70W

NS-20W

N20E-70NW

N50E-65SE

Ponto 170

Migmatito intemperizado.

Foliação: N60E-70NW

Ponto 171

1- Itabirito.

Foliação: N50E-35NW

Fraturas: EW-Subvertical

N10W-Subvertical

N25E-70SE

N50E-Subvertical

2- Filito cinza claro.

Foliação: N50E-35NW

Fraturas: N70W-85NE

N35E-75SE

N20W-Subvertical

3- Formação ferrífera intemperizada.

Foliação: N25E-50NW

Fraturas: N20E-55SE

4- Quartzito micáceo.

Foliação: N20E-70NW

Fraturas: N10E-70NW

N80W-60SW

5- Quartzito ferruginoso

Foliação: N10W-40SW

Fraturas: NS-Subvertical

N80W-Subvertical

N80W-80NE

N40W-75NE

6- Quartzito micáceo grosseiro.

Foliação: N30W-45NW

Fraturas: N40E-70SE (veios de quartzo)

7- Biotita gnaiss.

Foliação: NS-45N

Fraturas: N35W-80NE

N70E-60SE

N50E-35NW

N20E-45SE

Ponto 172

Itabirito.

Foliação: EW-Subvertical

Fraturas: NS-80S

N70W-Subvertical

N60E-60SE

N55W-40SW (veios de quartzo)

Ponto 173

Filito intemperizado.

Ponto 174

Filito finamente bandado.

Foliação: N10E-45SE

Ponto 175

Filito.

Foliação: N20W-40SW

Fraturas: N30W-20SW (veios pegmatíticos)

Ponto 176

Quartzito ferruginoso.

Ponto 177

Quartzito ferruginoso.

Foliação: N80E-45SE

Ponto 177a

Itabirito.

Foliação: NS-70W

Fraturas: EW-75S

N10E-75SE

N70W-Subvertical

N50E-55SE

N70E-65SE

EW-35N

N20E-80NW

N20W-60SW

Ponto 178

Biotita gnaissado.

Foliação: NS-50SE

Faturas: N70E-70NW

Ponto 179

Quartzito micáceo.

Foliação: N10E-40SE

Faturas: N60W-Subvertical

N30E-45SE

N10E-65SE

N80W-75NE

N70E-80NW

NS-60E

N20W-70NE

EW-30N

Ponto 180

Filito.

Foliação: N40E-80NW.

Ponto 181

Filito.

Foliação: N10E-45SE

Faturas: N40E-75SE

N80W-75SW

N20W-60NE

Ponto 182

Filito.

Foliação: N10E-55SE

Ponto 183

Filito.

Foliação: N20W-15NE

Ponto 184

Biotita gnaissado.

Foliação: N10E-35SE

Fraturas: N60W-Subvertical
N80W-25NE
N05E-55SE
N20W-Subvertical

Ponto 185

Quartzito finamente bandado.
Foliação: N20W-60NE
Fraturas: N80W-25NE
N05E-55SE
N20W-Subvertical

Ponto 185a

Quartzito.
Foliação: N20W-25SW

Ponto 185b

Quartzito.
Foliação: N50E-20SE

Ponto 186

Biotita gnaissé.
Foliação: N40W-60SW
Fraturas: N30E-80NW
N20W-70SW
N50W-30SW

Ponto 187

Biotita gnaissé.
Foliação: N20W-50SW

Ponto 188

Biotita gnaissé cataclástico.
Foliação: N15E-50SE
Fraturas: N20E-40NW
N50E-80SE

Ponto 189

Anfibolito.

Foliação: EW-Subvertical
Fraturas: EW-Subvertical
N30E-Subvertical
N70W-40NE
N20W-60NE

Ponto 190

Migmatito heterogêneo.
Foliação: N25E-35SE
Fraturas: N70E-Subvertical
N40W-Subvertical

Ponto 191

Anfibolito milonitizado.
Foliação: N10W-50NE
Fraturas: NS-40E
EW-70N
N35W-35NE

Ponto 192

Migmatito heterogêneo milonitizado.
Foliação: N20W-60NE

Ponto 193

Quartzito micáceo.
Foliação: N20W-75NE

Ponto 194

Quartzito micáceo.
Foliação: N20E-55SE
Fraturas: N40E-60SE
N85W-Subvertical
N70W-70SW
N20E-55SE (veios de quartzo)

Ponto 195

Quartzito micáceo (ver descrição de lâmina no Apêndice 2).
Foliação: N10E-30SE
Fraturas: N10E-Subvertical (veios de quartzo)
N70E-65NW

Ponto 196

Biotita gnaisses.

Foliação: N10E-40SE

Fraturas: N70E-30SE

N50W-75SW

EW-Subvertical

NS-Subvertical

N50E-30NW

Ponto 197

Granitóide intemperizado.

Ponto 198

Quartzito micáceo.

Foliação: N20E-65NW

Fraturas: N20E-Subvertical (veios de quartzo)

Ponto 199

Dique de basalto (ver descrição de lâmina no Apêndice 2).

Direção: N70W

Ponto 200

Biotita xisto, de cor verde.

Foliação: N30E-45NW

Ponto 201

Quartzito micáceo.

Foliação: N05E-50NW

Fraturas: N80W-Subvertical

Ponto 202

Biotita gnaisse.

Foliação: N15E-50NW

Fraturas: N60W-Subvertical

Ponto 203

Biotita gnaisse.

Foliação: N20E-55NW

Fraturas: N20E-Subvertical (veios de quartzo)

Ponto 204

Quartzito.

Foliação: N20E-55NW

Fraturas: N20W-65NE

N70W-75SW

N40E-30SE

N20E-50SE

N50W-65NE

Ponto 205

Granitóide; relevo tipo pão-de-açúcar.

Foliação: N70E-30SE

Ponto 206

Biotita gnaiss bandado.

Foliação: N40E-40NW

Ponto 207

Mina em formação ferrífera.

Ponto 208

Formação ferrífera.

Foliação: N15E-40NW

Ponto 209

Granitóide (blocos isolados); relevo tipo pão-de-açúcar.

Ponto 210

Biotita gnaiss.

Foliação: N60W-30SW

Ponto 211

Biotita gnaiss.

Foliação: N60W-30SW

Ponto 212

Biotita gnaiss.

Foliação: N20W-45SW

Ponto 213

Quartzito.

Foliação: N20W-40SW

Ponto 214

Biotita gnaiss.

Foliação: N20E-30NW

Ponto 215

Basalto (ver descrição de lâmina no Apêndice 2).

Ponto 216

Quartzito.

Foliação: N40E-55SE

Faturas: N60W-Subvertical

N30E-Subvertical

N70E-Subvertical

N20W-20NE (veios de quartzito)

Ponto 217

Biotita gnaiss.

Foliação: N50E-75SE

Ponto 218

Quartzito micáceo.

Foliação: NS-45W

Ponto 219

Moscovita quartzito xisto (ver descrição de lâmina no Apêndice 2).

Foliação: N10E-20NW

Faturas: N80W-Subvertical

N30E-65SE

Ponto 220

Quartzito micáceo (blocos colados).

Ponto 221

Biotita gnaiss.

Foliação: N20E-30SE

Ponto 222

Biotita gnaissé.

Foliação: N20E-55SE

Ponto 223

Quartzo-moscovita xisto (ver descrição de lâmina no Apêndice 2).

Foliação: N40E-50SE

Fraturas: N40W-Subvertical

N80W-Subvertical

N20W-60SW

N10W-75NE

N70E-65SE

Ponto 224

Migmatito cataclástico.

Foliação: N30W-30NE

Fraturas: EW-70S (veios de quartzo)

Ponto 225

Quartzito branco.

Foliação: N20E-55SE

Ponto 226

Biotita gnaissé.

Foliação: N20E-55SE

Ponto 227

Biotita gnaissé intemperizado.

Ponto 228

Quartzito micáceo.

Foliação: N05E-55NW

Ponto 229

Muscovita-quartzo-xisto.

Foliação: N15E-35NW

Ponto 230

Quartzito micáceo.

Foliação: N20E-60NW
Fraturas: EW-25N
N10E-Subvertical
N60W-80SW
N20W-Subvertical

Ponto 231

Biotita xisto.
Foliação: N10E-60NW
Fraturas: EW-Subvertical
N10E-60NW (paralelas a foliação)
N60W-30NE

Ponto 232

Quartzito micáceo.
Foliação: NS-45W

Ponto 233

Biotita gnaiss (blocos rolados).

Ponto 234

Quartzito micáceo.
Foliação: NS-60W
Fraturas: N80W-Subvertical
N50E-Subvertical
N20W-80NE

Ponto 235

Migmatito (blocos rolados).

Ponto 236

Quartzito micáceo.
Foliação: NS-60W
Fraturas: N30E-75SE
N70E-75NW
N50W-Subvertical

Ponto 237

Quartzito micáceo.
Foliação: N10E-40NW

Ponto 238

Migmatito heterogêneo.

Foliação: N10E-40NW

Fraturas: N50E-70SE

N20W-80NE

Ponto 239

Quartzito micáceo.

Foliação: N20E-45NW

Fraturas: N70E-60NW

N40W-Subvertical

N20E-65NW

Ponto 240

Quartzito micáceo.

Foliação: N20E-45NW

Ponto 241

Quartzito micáceo.

Foliação: NS-40NW

Ponto 242

Quartzito micáceo.

Foliação: N20E-50NW

Fraturas: N50E-15SE

N10E-80NW

EW-75N

NS-50W

N20W-30NE

Ponto 243

Quartzito micáceo.

Foliação: N20E-50NW

Fraturas: N10W-Subvertical

N60W-Subvertical

N50E-35SE

NS-75E

Ponto 244

Granitóide alterado.

Foliação: N30E-45NW

Ponto 245

Granitóide; relevo tipo pão-de-açúcar.

Ponto 246

Granitóide (ver descrição da lâmina no Apêndice 2).

Foliação: N20W-40SW

Ponto 247

Granitóide; relevo tipo pão-de-açúcar.

Ponto 248

Granitóide bandado.

Foliação: N10E-45SE

Faturas: N70W-80NE

N20W-Subvertical

EW-50S

N40E-40SE

N70E-60SE

NS-55E

Ponto 249

Granitóide.

Foliação: N10E-40SE

Faturas: N10E-30SE (veios de quartzo)

N10E-15SE (veios de quartzo)

N20W-30SW

N80W-Subvertical

N20W-40E

EW-70S

NS-75E

N70E-75SE.

NS-Subvertical

Ponto 250

Biotita gnaiss.

Foliação: NS-35E

Ponto 251

Biotita gnaiss.

Foliação: NS-35W

Fraturas: N40E-Subvertical

N60W-Subvertical

N80W-Subvertical

EW-60S

Ponto 252

Biotita gnaiss.

Foliação: N50W-40NE

N40E-55SE

N30W-75NE

N40W-75SW

N70E-50SE

N20W-70NE

Ponto 253

Biotita gnaiss.

Foliação: N40W-20NE

Fraturas: N10E-Subvertical

N20W-75NE

N70E-Subvertical

N10W-50SW

Ponto 254

Biotita gnaiss.

Foliação: N40W-30SW

Fraturas: N50W-70SW

N40E-65SE

N70E-50SE

N20W-20SW

N20W-60SW

Ponto 255

Granitóide; relevo tipo pão-de-açúcar.

Foliação: N10W-35SW

Fraturas: EW-75S

N30E-80NW

N40W-35NE (veios de quartzo)

N50E-Subvertical

Ponto 256

Granitóide.

Foliação: N30E-30NW

Ponto 257

Anfibolito.

Foliação: N20E-55NW

Ponto 258a

Basaltos.

Ponto 258

Quartzito micáceo.

Foliação: NS-35SE

Fraturas: N10E-Subverticais (veios de quartzo)

N40E-55NW

N10E-50SE

N20W-80NE

Ponto 259

Anfibolito.

Foliação: N20E-50SE

Ponto 260

Quartzito micáceo.

Foliação: N10E-30SE

Ponto 261

Quartzito micáceo e gnaisse.

Foliação: N10E-30SE

Fraturas no gnaisse: N70E-Subvertical

N20W-Subvertical

N50E-70NW

N30E-35NW

Ponto 262

Granitóide.

Foliação: N80W-35SW

Fraturas: N70W-Subvertical

EW-35S

NS-70N

Ponto 262a

Granitóide.

Ponto 263

Quartzito micáceo.

Foliação: N10W-40SW

Ponto 264

Biotita gnaïsse.

Foliação: N20E-25SE

Ponto 265

Biotita gnaïsse intemperizado.

Ponto 266

Granitóide bandado; relevo tipo pão-de-açúcar.

Foliação: N40W-45NE

Ponto 267

Granitóide.

Foliação: N20W-Subvertical

Ponto 268

Itabirito e quartzitos micáceos.

Foliação: N40W-30SW

Foliação no quartzito: N20E-35NW

Ponto 269

Itabirito.

Foliação: N50E-30NW

Ponto 270

Quartzito grosseiro.
Foliação: N20E-35NW
Fraturas: N70E-Subvertical
N50W-Subvertical
N20W-Subvertical
N50E-70NW

Ponto 271

Quartzito micáceo.
Foliação: N50E-30NW

Ponto 272

Itabirito.
Foliação: N10W-30SW

Ponto 273

Itabirito.
Foliação: N70E-30NW

Ponto 274

Anfibolito intemperizado.
Foliação: N50E-30NW
Fraturas: N20E-40SE (veios de quartzo)
N70E-Subvertical (veios de quartzo)

Ponto 275

Quartzito micáceo.
Foliação: N40W-25NE

Ponto 276

Quartzito micáceo.
Foliação: N40W-25NE

Ponto 277

Anfibolito (blocos rolados).

Ponto 278

Biotita gnaiss.
Foliação: N20W-25NE

Ponto 279

Biotita gnaiss finamente bandado.

Foliação: N20W-25NE

Ponto 280

Migmatito heterogêneo com dique de diabásio (ver descrição no Apêndice 2).

Foliação: N15E-40SE

Faturas: N70E-Subvertical

N80W-35NE

N40W-60SW

N70W-50SW

N20E-60SE (veios de quartzo)

N60E-70SE

N50E-30NW

N70E-75NW

N60W-15SW

N70E-60SE

NS-25E

Ponto 281

Migmatito heterogêneo.

Foliação: N20E-20SE

Ponto 282

Migmatito heterogêneo dobrado.

Foliação: N10W-30NE

Faturas: N60W-80NE

N70E-80NW

NS-45E

EW-75N

N20W-70SW

N20E-65SE

N20W-15NE

Ponto 283

Biotita gnaiss com muito quartzo.

Foliação: N20E-40SE

Ponto 284

Quartzito micáceo.

Foliação: N30E-30SE

Fraturas: N40E-70NW (veios de quartzo)

N80W-Subvertical

N40W-60NE

N30W-80SW

N80W-80NE

N20W-40NE

Ponto 285

Biotita gnaiss finamente bandado e migmatitos dobrados.

Foliação: N50E-60SE

Ponto 286

Biotita gnaiss.

Foliação: N20E-30NW

Ponto 287

Biotita gnaiss.

Foliação: N05E-35NW

Ponto 288

Biotita gnaiss finamente bandado.

Foliação: N50E-35NW

Fraturas: N50W-Subvertical

N80W-Subvertical

NS-70E

Ponto 289

Biotita gnaiss bandado.

Foliação: N40E-30SE

Ponto 290

Quartzo-xisto.

Foliação: N70E-30SE

Ponto 291

Quartzo-xisto.

Foliação: N10W-30NE

Ponto 292

Quartzito intemperizado.

Ponto 292a

Gnaiss intemperizado.

Ponto 293

Filito.

Foliação: N10W-20NE

Ponto 294

Anfibolito bandado.

Foliação: N50E-30SE

Faturas: N55W-80NE

N20W-75SW

N70E-15NW

EW-75N

Ponto 295

Itabirito.

Foliação: N70E-20SE

Ponto 296

Anfibolito.

Foliação: EW-25N

Faturas: N70E-Subvertical

N40W-70SW

N30W-65SW

N20E-Subvertical

Ponto 297

Granitóide.

Foliação: N60E-35SE

Faturas: N60E-35SE

NS-55W

N30E-65SE

N20W-55SW

N20E-65NW

Ponto 298

Quartzito micáceo e quartzito ferruginoso.

Foliação: NS-30W

Fraturas: N40W-60NE

N80W-75NE

N20E-Subvertical

Ponto 299

Metamorfito pelítico intemperizado.

Foliação: N35W-25NE

Ponto 300

Granitóide (paredões).

Ponto 301

Rocha básica bandada.

Foliação: N50W-70NE

Ponto 302

Metavulcânica.

Foliação: N70E-Subvertical

Ponto 303

Metavulcânica (blocos rolados).

Ponto 304

Quartzito e conglomerado.

Foliação: N10W-50SE

Fraturas: N40E-60SE (veios de quartzo)

N70W-70SW (veios de quartzo)

N80E-45NW (veios de quartzo)

Ponto 305

Quartzito micáceo.

Foliação: N30W-45NE

Ponto 306

Metavulcânica e quartzito ferruginoso.

Foliação: N10W-55NE

Ponto 307

Quartzito ferruginoso.

Foliação: N10E-45SE

Ponto 308

Xisto (blocos rolados).

Ponto 309

Xisto (blocos rolados).

Ponto 310

Biotita gnaiss finamente bandado.

Foliação: N20E-40SE

Ponto 311

Granitóide (blocos rolados).

Ponto 312

Metavulcânica.

Foliação: N10E-40SE

Ponto 313

Biotita gnaisses bandados.

Foliação: N20E-50SE

Fraturas: N70W-55NE (veios de quartzo)

N20W-Subverticais

N20E-60SE

N40E-55NW

NS-65W

Ponto 314

Xisto.

Foliação: N20E-45SE

Fraturas: N30E-80SE

N80W-60NE

N50W-25SE

Ponto 315

Xisto.

Foliação: N15E-60SE

Fraturas: N70W-Subvertical

N80W-60NE

N70E-65SE

N50E-20NW

Ponto 316

Xisto.

Foliação: N10E-40SE

Ponto 317

Xisto.

Foliação: N30E-55SE

Fraturas: N40W-Subvertical

NS-65E

EW-Subvertical

Ponto 318

Formação ferrífera.

Foliação: N40E-60SE

Ponto 319

Quartzito ferruginoso.

Foliação: N30E-50SE

Fraturas: EW-25S (veios de óxido de ferro)

N05W-45NE

N40E-70NW

N20W-70NE

N10E-35NW

N80W-Subvertical (veios de quartzo)

N50W-65SW (veios de quartzo)

N60W-20NE

Ponto 320

Xisto.

Foliação: N40E-40SE

Ponto 321

Filito intercalado com quartzito fino.

Foliação: N45E-25SE

Ponto 322

Itabirito.

Foliação: N40E-15SE

Ponto 323

Anfibolito (ver descrição de lâmina no Apêndice 2).

Foliação: N30E-25SE

Fraturas: N40W-Subvertical

N50E-80NW

EW-80E

N70W-55NE

N15E-Subvertical

NS-60W

N35E-35SE

Ponto 324

Biotita gnaiss.

Foliação: N50E-40SE

Ponto 325

Biotita gnaiss milonitizado com pequenos veios de pirita.

Foliação: N50E-40SE

Ponto 326

Biotita gnaiss.

Foliação: EW-40E

Fraturas: N60W-20SW

N80W-60NE

N70E-50NW

N20W-30SW

Ponto 327

Quartzito micáceo.

Foliação: N10W-25SW

Ponto 328

Metabásica.

Foliação: N70E-50SE

Fraturas: N60W-20SW
N80W-60NE
N70E-50NW
N20W-30SW

Ponto 327

Quartzito micáceo.
Foliação: N10W-25SW

Ponto 328

Metabásica.
Foliação: N70E-50SE
Fraturas: N80W-50SW
N20W-60NE
N70E-35NE

Ponto 329

Biotita gnaiss intemperizado.

Ponto 330

Calsos (blocos rolados).

Ponto 331

Biotita gnaiss intemperizado.

Ponto 332

Biotita gnaiss milonitizado.
Foliação: N10E-65SE

Ponto 333

Biotita gnaiss.
Foliação: N20W-30NE
Fraturas: N20W-Subvertical (veios de quartzo)
N70W-65SW (veios de quartzo)
N30E-75SE
N40E-25SE

Ponto 334

Biotita gnaiss intemperizado.

Ponto 335

Dique de diabásio.

Direção: EW

Ponto 336

Biotita gnaissé.

Foliação: N20E-30SE

Ponto 337

Biotita gnaissé grosseiro.

Foliação: N20E-50SE

Fraturas: N15E-30SE

N80W-80NE

N50W-45SW

EW-55S

N40E-30SE

Ponto 338

Grande quantidade de blocos rolados de galsos e quartzitos (ver descrição de lâminas no Apêndice 2).

Ponto 339

Rocha granítica.

Ponto 340

Rocha granítica.

Ponto 341

Quartzito maciço (ver descrição de lâmina no Apêndice 2). Dique.

Ponto 342

Biotita gnaissé.

Foliação: N10E-60SE

Fraturas: EW-Subvertical

EW-55NE

Ponto 343

Quartzitos.

Foliação: N20E-70SE

Ponto 344

Metavulcânica (ver descrição de lâmina no Apêndice 2).

Faturas: N60E-75SE

N40E-50SE

N70E-80NE

N60W-50NE

Ponto 345

Metavulcânica.

Foliação: N20E-30SE

Ponto 346

Xisto intemperizado.

Foliação: N40E-25SE

Ponto 342

Xisto intemperizado.

Foliação: N40E-40SE

Ponto 348

Xisto intemperizado.

Foliação: N30E-45SE

Faturas: N30E-Subvertical

NS-40W

EW-40N

N70E-35NW

N60W-40NE

Ponto 349

Quartzito ferruginoso.

Foliação: NS-30E

Ponto 350

Xisto muito intemperizado.

Foliação: N40E-40SE

Ponto 351

Xisto intemperizado.

Foliação: N40E-45SE

Ponto 352

Xisto intemperizado.

Foliação: N40E-45SE

Ponto 353

Xisto intemperizado.

Foliação: N20E-60SE

Ponto 354

Xisto intemperizado.

Foliação: N10E-55SE

Ponto 355

Xisto intemperizado.

Foliação: N20E-55SE

Ponto 356

Xisto.

Foliação: N40E-30SE

Faturas: N20W-Subvertical

N70E-80SE

N10E-50NW

N50W-Subvertical

Ponto 356a

Xisto.

Foliação: N50W-50SW

Ponto 357

Xisto.

Foliação: N10E-40SE

Faturas: N80W-55SW

Ponto 358

Xisto.

Foliação: N20E-45SE

Ponto 359

Quartzito micáceo.

Foliação: N20E-60SE

Ponto 360

Itabirito.

Foliação: N50E-70SE

Ponto 361

Filito cinza claro.

Foliação: N30E-40SE

Ponto 362

Xisto.

Foliação: N20E-55SE

Ponto 363

Xisto.

Foliação: N20E-55SE

Ponto 364

Xisto.

Foliação: N20E-45SE

Ponto 365

Itabirito.

Foliação: N20E-45SE

Ponto 366

Biotita gnaissé grosseiro.

Fraturas: N40W-60NE

N40E-Subvertical

Ponto 367

Biotita gnaissé.

Ponto 368

Biotita gnaissé grosseiro.

Foliação: N40E-30NW

Fraturas: N40W-Subvertical

N40E-40NW

N20W-15NE

N70E-45SE

N20W-60SW

Ponto 369

Xisto grafitoso.

Foliação: NS-40W

Fraturas: NS-40W (veios de quartzo)

N30W-Subvertical

N70W-Subvertical

Ponto 370

Dique básico.

Foliação: N35W-35NE

Fraturas: N40W-75SW

N40W-50SW

N70E-Subvertical

E-W-Subvertical

N60W-50NE

N05E-Subvertical

Ponto 371

Xisto grafitoso.

Foliação: N70W-Subvertical

Ponto 372

Mina Pontal; formação ferrífera (ver descrição de lâmina no Apêndice 2).

Ponto 373

Mina Usina Faina; formação ferrífera (ver descrição de lâmina no Apêndice 2).

Ponto 374

Dique de quartzo preto.

Ponto 375

Xisto.

Foliação: N55W-Subvertical

Ponto 376

Xisto.

Foliação: N40W-70NE

Ponto 383

Argilito.

Foliação: NS-30W

Fraturas: N60W-Subvertical

N55E-75SE

N20E-10SE

Ponto 384

Xistos intemperizados.

Ponto 385

Xistos intemperizados.

Foliação: N25E-60SE

Fraturas: EW-60S

N05W-55SW

NS-35W

Ponto 386

Quartzitos micáceos.

Foliação: N40W-40NE

Fraturas: N50W-45SW

N25E-45NW

Ponto 387

Xistos.

Foliação: N40W-Subvertical

Ponto 388

Argilito.

Foliação: N70E-40NW

Ponto 389

Argilito intemperizado; grande quantidade de detritos de quartzo.

Ponto 390

Calcáreo maciço.

Foliação: N30E-60NW

Fraturas: N50W-Subvertical

N30E-60NW (paralelas a foliação)

Ponto 377

Xisto.

Foliação: N40W-70NE

Fraturas: N70E-Subvertical

N40E-40NW

N50E-Subvertical

N40W-10SW

N25E-Subvertical

N50W-30SW

Ponto 378

Argilito.

Foliação: NS-30W.

Ponto 379

Xistos.

Foliação: N40W-Subvertical

Ponto 380

Xistos.

Foliação: N60W-50NE

Fraturas: N20W-Subvertical

N10E-60NW

N10W-Subvertical

N70E-45SE

Ponto 381

Xistos (ver descrição de lâmina no Apêndice 2).

Foliação: N40W-50NE

Fraturas: N70E-Subvertical

N20E-70SE

EW-Subvertical

N60W-Subvertical

Ponto 382

Xistos intemperizados.

Ponto 391

Quartzitos maciços (ver descrição de lâmina no Apêndice 2).

Faturas: EW-70N

N15E-Subvertical

N10W-75NW

Ponto 392

Dique básico (ver descrição de lâmina no Apêndice 2).

Faturas: N40E-Subvertical

N55E-Subvertical

N70E-Subvertical

N20W-Subvertical

NS-Subvertical

EW-Subvertical

Ponto 392a

Dique básico.

Ponto 393

Possante veio de quartzo, recristalizado (ver descrição de lâmina no Apêndice 2).

Faturas: N20E-30SE

EW-75SW

NS-40W

N40W-50NE

N80W-55NE

Ponto 394

Possante veio de quartzo (ver descrição de lâmina no Apêndice 2).

Ponto 395

Granitóide.

Ponto 396

Dique básico.

Faturas: N50E-60SE

N80W-50SW

Ponto 397

Biotita gnaissé.

Fraturas: N20W-65NE

N50E-70SE

Ponto 397a

Dique básico.

Ponto 398

Formação ferrífera.

Foliação: N25E-30NW

Ponto 399

Xisto.

Foliação: N20E-30NW

Ponto 400

Não foram encontrados afloramentos; mudança brusca na cor do solo de cinza claro para arroxeado.

Ponto 401

Não foram encontrados afloramentos; outra mudança brusca na cor do solo de arroxeado para cinza claro/avermelhado.

Ponto 402

Quartzito maciço.

Foliação: N60W-75SW

Ponto 403

Quartzitos maciços (blocos rolados).

Ponto 404

Ultramáfica intemperizada.

Ponto 405

Xisto.

Foliação: N80W-55SW

Ponto 406

Ultramáficas.

Ponto 407

Quartzitos (blocos rolados).

Ponto 408

Dique básico.

Direção: N50W

Ponto 409

Dique básico (blocos rolados).

Ponto 410

Quartzitos finos.

Foliação: N10W-45SW

Faturas: N40W-Subvertical (veios de quartzo)

N10E-Subvertical (veios de quartzo)

Ponto 411

Granitóide.

Ponto 411a

Quartzitos maciços (blocos rolados).

Ponto 412

Quartzitos maciços.

Foliação: N10E-Subvertical

Ponto 413

Quartzitos maciços (blocos rolados).

Ponto 414

Quartzitos maciços.

Foliação: N10E-Subvertical

Ponto 415

Granitóide.

Ponto 416

Biotita gnaiss.

Foliação: N10E-75NW

Faturas: N50E-Subvertical

N70E-55S

N30E-40SE

Ponto 417

Quartzito.

Foliação: N10E-Subvertical

Fraturas: N20W-Subvertical

N50E-Subvertical

N20E-60NW

N85W-Subvertical

NS-Subvertical

Ponto 418

Biotita gnaiss.

Foliação: N20W-35SW

Ponto 419

Argilito.

Foliação: N80W-10NE

Fraturas: N80W-10NE (veios de quartzo paralelos à foliação).

Ponto 420

Argilito.

Foliação: N70W-10SW

Fraturas: EW-Subvertical

Ponto 421

Calcáreo bandado.

Foliação: N80W-10SW

Fraturas: N8W - Subvertical

N70W-Subvertical

N40E-Subvertical

Ponto 422

Calcáreo.

Foliação: N40W-10SW

Fraturas: N70E-Subvertical

EW-70N

Ponto 423

Quartzito maciço

Faturas: N70E-Subvertical

N50W-Subvertical

N20W-60NE

N20E-30SE

Ponto 424

Garimpo de manganês.

Ponto 425

Quartzito (blocos rolados).

Ponto 426

Argilitos.

Foliação: N50W-30SW

Ponto 427

Calcário.

Faturas: N60W-Subvertical

N20E-Subvertical

N20W-60NE

N70W-75NE

Ponto 428

Quartzito maciço.

Foliação: N30W-20NE

Faturas: N70E-Subvertical

N80W-Subvertical

N30E-Subvertical

N40W-45NE

NS-50E

Ponto 429

Quartzito (ver descrição de lâmina no Apêndice 2).

Foliação: N25W-20NE

Faturas: N05W-60SW

N30W-35NE

N10E-75SE

N80W-Subvertical

Ponto 430

Quartzito.

Fraturas: EW-Subvertical

Ponto 431

Quartzito cinza claro.

Foliação: NS-25SE

Fraturas: N70W-Subvertical

N30E-Subvertical

Ponto 432

Corpo básico (blocos rolados) (ver descrição de lâmina no Apêndice 2).

Ponto 433

Quartzito (blocos rolados).

Ponto 434

Rocha básica (blocos rolados) (ver descrição de lâmina no Apêndice 2).

Ponto 435

Quartzito micáceo (blocos rolados) (ver descrição de lâmina no Apêndice 2).

Ponto 436

Rocha básica.

Ponto 437

Quartzito micáceo.

Foliação: N05E-35SE

Fraturas: N80W-Subvertical

N30W-Subvertical

N15E-Subvertical (veios de quartzo)

Ponto 438

Quartzito intemperizado.

Ponto 439

Quartzito.

Foliação: N10E-35SE

Fraturas: N20W-70NE

N10E-35SE (veios de quartzo)

Ponto 440

Quartzito micáceos (ver descrição de lâmina no Apêndice 2).

Foliação: N70W-20SW

Ponto 440a

Quartzito micáceo.

Ponto 441

Quartzito claro, grosseiro.

Foliação: NS-20E

Ponto 442

Biotita gnaissé, intemperizado.

Ponto 443

Quartzito.

Foliação: N20W-20NE

Fraturas: N10W-Subvertical

N80E-Subvertical

Ponto 444

Quartzito.

Foliação: N30E-20SE

Fraturas: N20E-Subvertical

N40W-Subvertical

N15E-Subvertical

Ponto 445

Quartzito micáceo.

Foliação: N20E-30SE

Ponto 446

Quartzito fino.

Foliação: N20E-30SE
Fraturas: NS-Subvertical
EW-Subvertical

Ponto 447

Quartzito maciço.
Foliação: N20E-25SE
Fraturas: N40W-Subvertical (veios de quartzo)
EW-Subvertical (veios de quartzo)
N20W-40SW
N20E-Subvertical (veios de quartzo)

Ponto 448

Quartzito maciço (ver descrição de lâmina no Apêndice 2)
Foliação: N25E-30SE

Ponto 449

Quartzito (blocos isolados).

Ponto 450

Quartzito grosseiro.
Foliação: N30E-35SE

Ponto 451

Quartzito.
Foliação: N30E-35SE
Fraturas: N45E-30SE
EW-Subvertical (veios de quartzo)
N50W-Subvertical

Ponto 452

Quartzito.
Foliação: NS-20SE
Fraturas: N80E-75SE
N10E-Subvertical
N50W-60SW
N60W-65NE

Ponto 453

Quartzito.

Foliação: NS-20SE

Ponto 454

Quartzito intemperizado.

Foliação: NS-20SE

Ponto 455

Rocha básica (ver descrição de lâmina no Apêndice 2).

Ponto 456

Biotita gnaiss.

Foliação: NS-35SE

Ponto 457

Rocha básica (blocos rolados).

Ponto 458

Biotita gnaiss.

Foliação: N05E-35SE

Ponto 459

Biotita gnaiss (blocos rolados).

Ponto 460

Biotita gnaiss.

Foliação: N20E-60NW

Ponto 461

Biotita gnaiss.

N10E-50SW

Ponto 462

Quartzito.

Foliação: N10E-45NW

Faturas: N20E-70NW

N35W-60NE

N80W-Subvertical

N30W-75NE

N70E-60SE

N20W-70NE

Ponto 463

Biotita gnaissé.

Foliação: N30E-70NW

Faturas: N30E-50SE

N35W-70SW

N30E-45NW

Ponto 464

Biotita gnaissé.

Foliação: N10E-20NW

Faturas: N80W-65SW

NS-35E

N40W-30NE

Ponto 465

Anfibolito.

Foliação: N10W-65SW

Faturas: EW-75N

N70E-35NW

N20E-Subvertical

N05E-60SE

N20W-30NE

Ponto 466

Biotita gnaissé.

Foliação: N10W-30NE

Faturas: N10W-50SW

N50W-65SW

N40E-35SE

Ponto 467

Biotita gnaissé (blocos rolados).

Ponto 468

Biotita gnaissé intemperizado.

Ponto 469

Biotita gnaissé.

Foliação: N30E-60SE

Fraturas: N70E-Subvertical

N50W-Subvertical

N10E-Subvertical

Ponto 470

Quartzito micáceo.

Foliação: N10E-30SE

Ponto 471

Biotita gnaissé

Foliação: N20E-40SE

Ponto 472

Quartzito micáceo.

Foliação: N10E-35SE

Ponto 473

Biotita gnaissé (blocos rolados).

Ponto 474

Biotita gnaissé intemperizado.

Ponto 475

Quartzito.

Foliação: N10E-60NW

Fraturas: N70E-30SE

NS-20W

Ponto 476

Biotita gnaissé.

Foliação: NS-45E

Ponto 477

Quartzito micáceo.

Foliação: N20E-65NW

Fraturas: N30E-45NW

EW-Subvertical

Ponto 478

Quartzito micáceo e biotita xisto.

Foliação: N10E-60NW

Ponto 479

Quartzito.

Foliação: N10E-60NW

Fraturas: N50E-Subvertical

N80W-Subvertical

Ponto 480

Biotita gnaissé.

Foliação: N70E-30NW

Fraturas: EW-20S

Ponto 481

Granitóide; relevo tipo pão-de-açúcar.

Ponto 482

Biotita xisto intercalado com quartzito grosseiro.

Foliação: N40E-40NW

Fraturas: N80W-45SW

N70E-Subvertical

EW-60S

Ponto 483

Biotita gnaissé.

Foliação: N30E-35NW

Fraturas: N50W-60SW

N20W-35SW

N70E-Subvertical

Ponto 484

Biotita gnaissé.

Foliação: N30E-40NW

Ponto 485

Biotita xisto.

Foliação: N10E-45NW

Fraturas: N20W-Subvertical
N50W-Subvertical
N40E-50NW

Ponto 486

Granitóide intemperizado.
Foliação: N70W-70SW

Ponto 487

Quartzito micáceo.
Foliação: N30E-35NW
Fraturas: N40W-50NE
EW-Subvertical
NS-75W

Ponto 488

Quartzito micáceo.
Foliação: N20E-50NW
Fraturas: EW-80N
N80W-70SW
N10W-70SE (veios de quartzo)

Ponto 489

Quartzito micáceo.
Foliação: N10E-40NW

Ponto 490

Quartzito grosseiro.
Foliação: N10E-40NW
Fraturas: N20E-Subvertical
N50E-Subvertical
N20E-80NW
N80W-70SW

Ponto 491

Biotita xisto (blocos rolados).

Ponto 492

Granitóide.

N80W-Subvertical

N50W-Subvertical

Ponto 500

Quartzito e xisto.

Foliação: N10E-40NW

Faturas: N80W-Subvertical

N40W-Subvertical

NS-Subvertical

Ponto 501

Biotita gnaissé intemperizado.

Ponto 502

Biotita gnaissé.

Foliação: N10E-40NW

Ponto 503

Quartzito micáceo

Foliação: N10E-60NW

Faturas: N70E-50NW

N30E-75SE

Ponto 504

Biotita gnaissé.

Foliação: N10E-30NW

Faturas: N10E-30NW (paralelas à foliação)

N50W-Subvertical

N70E-60NW

EW-45S

N10E-55SE

Ponto 505

Granitóide.

Foliação: N70E-60NW

Ponto 506

Granitóide.

Foliação: N70E-50NW

Ponto 507

Granitóide.

Foliação: N70E-50NW

Fraturas: N10E-70SE

EW-70S

Ponto 508

Granitóide.

Foliação: N20E-50NW

Fraturas: N70E-Subvertical

Ponto 509

Quartzito.

Foliação: N20E-Subvertical

Fraturas: EW-30S

N50E-20NW

N70E-60SE

Ponto 510

Granitóide.

Foliação: N20E-40SE

Ponto 511

Granitóide.

Foliação: EW-20S

Ponto 512

Granitóide.

Foliação: N80W-30NE

Ponto 513

Metaconglomerado (gnaisse intemperizado).

Foliação: N40E-50SE

Ponto 514

Metaconglomerado (gnaisse).

Foliação: N20E-50SE

Fraturas: N20W-30SW

N40E-Subvertical

N70E-Subvertical

Ponto 515

Granitóide.

Foliação: N20E-30SE

ritizado, microclínio primário hipidiomórfico, quartzo xeno mórfico e biotita cloritizada. Como minerais secundários ocorrem o epidoto, a muscovita e alguns carbonatos. Como mineral acessório ocorre o zircão.

- PONTO 155 - Migmatito leucocrático constituído de plagioclásio saussurizado, microclínio, quartzo, biotita cloritizada e alguns carbonatos. Secundariamente ocorrem a clorita, o epidoto, a muscovita e o zircão.
- PONTO 162 - Metabasito, com alternância de níveis ricos em anfibólio com níveis ricos em plagioclásio, quartzo e epidoto, e de níveis de tufos metabásicos com níveis muito finos de tufos palagomíticos vítreos. Observam-se agregados milimétricos grosseiros de epidoto, que podem representar preenchimento de visículas.
- PONTO 195 - Muscovita-quartzo xisto constituído por quartzo e muscovita. Apresenta poucos opacos. A foliação é bem acentuada.
- PONTO 199 - Basalto grosseiro, microgábrico, termo-metamórfico, com estrutura de cromitização, não deformado. É constituído por ortopiroxênio e epidionita. Relictos de olivina estão incluídos nos ortopiroxênios. As coronas se formam entre os plagioclásios e os máficos (principalmente os ortopiroxênios) e dão origem aos anfibólios fibrosos e as granadas hipidiomórficas. Secundariamente aparecem alguns opacos e alguma biotita.
- PONTO 215 - Augita basalto, muito rico em plagioclásio, opacos e material verde, possivelmente resultante da serpentinização das olivinas. (Basalto pós-Brasiliano, Mesozóico ?).
- PONTO 219 - Quartzo-xisto metapelítico. Observa-se a alternância de níveis ricos em muscovita, quartzo e opacos, com níveis ricos em epidoto e quartzo; ricos em biotita e opacos; e ricos em muscovita e epidoto,
- PONTO 223 - Quartzo-muscovita xisto, constituído de quartzo, muscovita e subordinadamente pela biotita.
- PONTO 246 - Granitóide constituído de quartzo, microclínio, plagioclásio, biotita e anfibólio. Como minerais acessórios são observados o zircão, a allanita, a apatita e opacos.

PONTO 280 - Metabásica constituída principalmente de anfibólio com muita granada e secundariamente por biotita, plagioclásio, relictos de ortopiroxênio e opacos (basalto termo-metamórfico?).

PONTO 323 - Anfibolito folheado constituído de anfibólio, clorita e titanita em teor bastante elevado.

PONTO 328 - Metabásica constituída de anfibólio, plagioclásio, epidoto, titanita e pouca biotita. Observa-se a presença de opacos e apatita. A granulometria é grosseira e a textura relictos-offílica.

PONTO 338 - A - Rocha metabásica com restos de piroxênio magmático. Os opacos com as bordas de leucóxênio atestam um grau metamórfico menor que o metamorfismo das rochas descritas no ponto 328. Possui mais clorita e vesículas de quartzo e uma menor quantidade de anfibólio.

B - Orto-quartzito. Observa-se as formas arredondadas originais e as formadas por recristalização poligonal. Apresenta pouca sericita e na lâmina examinada não observou-se o feldspato. A granulação é média.

PONTO 341 - Quartzito deformado, contendo de 5 a 10% de feldspato detrítico (microclínio).

PONTO 344 - Metaultramáfica fortemente deformada constituída de clorita, serpentina, cromita e opacos. Apresenta pouco talco. A textura é cumulática com material intercumulus pseudomorfizado. Observam-se microambientes intercumulus com textura microspinfex(?).

PONTO 372 - Formação ferrífera carbonática com quartzo e opacos (sulfetos). Apresenta intercalações tufíticas e de quartzo-clorita xisto constituído de sericita, turmalina e um pouco de anfibólio (tremolita).

PONTO 373 - Formação ferrífera quartzo-carbonática com níveis tufíticos e anfibolíticos, constituídos de placas de ilmenita, turmalina e opacos.

PONTO 381 - Sericita-quartzo xisto constituído de algum epidoto, rico em opacos. Observa-se uma alternância de quartzo-clorita xisto com níveis de quartzo-carbonáticos. A granulação é muito fina. Apresenta ainda clásticos finos e químicos com contri-

buições máficas vulcânicas.

- PONTO 391 - Quartzito puro, sem feldspato e com pouca sericita.
- PONTO 392 - Rocha metabásica constituída de anfibólio, plagioclásio, epidoto, clorita, opacos e alguns carbonatos. Idêntica as rochas metabásicas descritas anteriormente.
- PONTO 393 - Quartzo recristalizado. Veio.
- PONTO 394 - Quartzo recristalizado e sericita. Veio.
- PONTO 429 - Quartzito detrítico com grãos arredondados. Matriz sericitica com turmalina detrítica.
- PONTO 430 - Quartzito detrítico, com grãos arredondados. Matriz sericititica com turmalina detrítica. Granulação fina.
- PONTO 432 - Metabasito com leucoxênio, anfibólio grosseiros, relictos de anfibólio magmático, plagioclásio e pouca biotita.
- PONTO 434 - Metabasito com leucoxênio, plagioclásio e relictos de piroxênio magmático. Observa-se intercrescimento granofílico entre feldspato alcalino e quartzo.
- PONTO 435 - Ortoquartzito fino, microconglomerático.
- PONTO 440 - Quartzo-sericita xisto a quartzito conglomerático.
- Ponto 448 - Quartzito fino com pouca muscovita.
- Ponto 455 - Metabasito com leucoxênio, relictos de piroxênio magmáticos e opacos.