

UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro (SP)

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO-ESTRUTURAL E
POTENCIALIDADE ECONÔMICA DOS ARREDORES DE
JACUTINGA - MG**

ALEXANDRE FRANCISCO PETOLCHCKNY

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Artur
Co-orientador: Prof. Dr. Luiz Sergio Amarante Simões

Relatório Final apresentado à Comissão do Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia do Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP, campus de Rio Claro, como parte das exigências para o cumprimento da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso no ano letivo de 2009

Rio Claro – SP
2009

“Só uns poucos tomam, por todos os demais, o encargo nobre e pleno de responsabilidade de custodiar a escritura sagrada da Terra, de lê-la e interpretá-la, pois o enlace consciente do homem com sua estrela está confinado a uma ciência especial... GEOLOGIA”

Hans Closs – (1885-1951)

"(...) o sorriso que tenho nos lábios é um sorriso geológico - o sorriso de quem sabe, olha, vê e compreende (...)"

Monteiro Lobato, "O poço do Visconde"

Ao meu pai, amigo e mestre, que sempre acreditou em mim e me apoiou nos momentos difíceis, agindo com sabedoria e compreensão. Ele se foi sem ver meus objetivos alcançados, mas sei que o deixei com muito orgulho.

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo, agradeço a Deus.

Ao professor Antonio Carlos Artur, mestre e amigo, pela paciência e compreensão. Pela iniciativa em desenvolver esse projeto, pelas discussões e ajuda.

Aos professores Luiz Sergio Amarante Simões e Antenor Zanardo, pelos conselhos e críticas.

Ao professor Edson Gomes de Oliveira, grande amigo, pelos trabalhos oferecidos, que muito me ajudou a custear minha vida durante o último ano

A meus pais, pelo incentivo e apoio desde o início da graduação. Foram neles que busquei forças para concluir esse trabalho, pois vivo minha vida com o objetivo de deixá-los orgulhosos.

A Katarina, namorada e companheira, pela ajuda nos trabalhos de campo e na contínua luta que foi a graduação, sempre compreensiva com meu nervosismo e falta de tempo.

A Andrezza, amiga de longa data, pela ajuda no campo e nos ensaios das amostras.

Ao Bruce, velho de guerra, menosprezado e inferiorizado por todos, mas mostrou-se um guerreiro ante os desafios. Sem ele não seria possível eu ter concluído esse trabalho.

Aos amigos e mestres, com os quais convivi durante esses cinco anos, contam com minha estima pelo enriquecimento humano e pessoal que me proporcionaram

SUMARIO

ÍNDICE.....	I
ÍNDICE DE FIGURAS.....	III
ÍNDICE DE FOTOS.....	III
ÍNDICE DE FOTOMICROGRAFIAS.....	IV
INDICE DE TABELAS.....	IV
RESUMO.....	V
ABSTRACT.....	VI
Capitulo 1. INTRODUÇÃO.....	1
Capitulo 2. OBJETIVO E DEFINIÇÃO DAS PROPOSTAS.....	1
Capitulo 3. SITUAÇÃO DA ÁREA.....	1
Capitulo 4. JUSTIFICATIVAS.....	3
Capitulo 5. MÉTODO DE TRABALHO.....	3
Capitulo 6. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS.....	5
Capitulo 7. REVISÃO GEOLÓGICA REGIONAL.....	7
Capitulo 8. GEOLOGIA LOCAL E ASSOCIAÇÕES LITOLÓGICAS.....	18
Capitulo 9. GEOLOGIA ESTRUTURAL.....	42
Capitulo 10. METAMORFISMO.....	48
Capitulo 11. TECTONO-ESTRATIGRAFIA.....	51
Capitulo 12. ASPECTOS ECONÔMICOS.....	52
Capitulo 13. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES.....	56
Capitulo 14. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58

ANEXOS

Anexo 1 - Mapa de Afloramentos

Anexo 2 - Mapa Geológico-Estrutural

Anexo 3 - Planilhas de Ensaios de Caracterização Tecnológica

Anexo 4 - Gráficos Interpretativos de Difração de Raios-X e Curvas Granulométricas

Anexo 5 – Estereogramas, Grades Petrogenéticas e Diagrama QAP

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO E DEFINIÇÃO DAS PROPOSTAS	1
3. SITUAÇÃO DA ÁREA	1
3.1. Localização e extensão.....	1
3.2. Vias de acesso.....	2
3.3. Cobertura cartográfica.....	2
4. JUSTIFICATIVAS	3
5. MÉTODO DE TRABALHO	3
5.1. Levantamento Bibliográfico.....	3
5.2. Tratamento Digital de Bases Topográficas e Geológicas.....	3
5.2.1. <i>Base topográfica e superfície em 3D</i>	3
5.2.2. <i>Tratamento digital da base geológica</i>	4
5.3. Carta Fotogeológica.....	4
5.4. Trabalhos Geológicos de Campo e Amostragem.....	4
5.5. Análises Petrográficas.....	4
5.6. Ensaio Tecnológicos.....	4
5.7. Integração e Interpretação dos Dados.....	5
6. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS	5
6.1. Geomorfologia.....	5
6.1.1. <i>Caracterização Geomorfológica</i>	5
6.1.2. <i>Caracterização Topográfica e Análise do Relevo</i>	6
6.2. Pedologia.....	6
6.3. Vegetação.....	7
7. REVISÃO GEOLÓGICA REGIONAL	7
7.1. Contexto geotectônico regional.....	7
7.2. Mapeamentos realizados na região.....	11
7.3. Unidades Litoestratigráficas no contexto da área de estudo.....	11
7.3.1. <i>Complexo Metamórfico-Magmático Pinhal / Batólito Pinhal-Ipuiúna</i>	11
7.3.2. <i>Complexo Amparo</i>	12
7.3.3. <i>Grupo Itapira</i>	13
7.3.4. <i>Formação Eleutério</i>	14
7.4. Contexto Estrutural Regional.....	16
8. GEOLOGIA LOCAL E ASSOCIAÇÕES LITOLÓGICAS	18
8.1. Unidades de Infraestrutura - Ortoderivadas.....	18
8.1.1. <i>Gnaisses graníticos megaporfiríticos (ABGgP)</i>	19
8.1.2. <i>Gnaisses graníticos e granodioríticos com estruturas migmatíticas (ABGgM)</i>	20
8.1.3. <i>Biotita/hornblenda gnaisses migmatizados e migmatitos (ABHgM)</i>	22
8.1.4. <i>Biotita e/ou hornblenda gnaisses associado a gnaisses anfibolítico (ABHgAM)</i>	23
8.1.5. <i>Dados Geocronológicos e Processos Petrogenéticos</i>	24
8.2. Unidades Supracrustais – Paraderivadas.....	25

8.2.1. Biotita/hornblenda gnaissé com intercalações de muscovita quartzito feldspático (IBHgQ e IBgQ).....	25
8.2.2. Muscovita quartzito feldspático (IMQF).....	27
8.2.3. Biotita gnaissé com granada com intercalações de gnaissé granítico homogêneo, localmente com estruturas migmatíticas (IBHgGM).....	28
8.2.4. Muscovita quartzitos associados a quartzo xistos aluminosos e gnaisses feldspáticos (QBgx).....	29
8.2.5. Dados Geocronológicos e Seqüência Depositional.....	30
8.3. Rochas magmáticas plutônicas (Complexo Granítico Pinhal - Ipuíúna).....	30
8.3.1. Granitos megaporfiríticos (PGM).....	31
8.3.2. Granitos equigranulares (PGE).....	33
8.3.3. Considerações finais.....	34
8.4. Sedimentos Anqui-metamórficos – Formação Eleutério.....	35
8.4.1. Metarenito.....	35
8.4.2. Metaconglomerados brechóides polimíticos.....	38
8.4.3. Metalaminitos/metarritimitos areno-siltico-argiloso (EmLS).....	39
8.4.4. Dados geocronológicos, sistemas posicionais e processos evolutivos.....	41
9. GEOLOGIA ESTRUTURAL.....	42
9.1. Setor 1 - Zona de Falha de Jacutinga e Batólito Pinhal-Ipuíúna.....	43
9.2. Setor 2 - Bacia Eleutério.....	45
9.1. Setor 3 – Grupo Itapira.....	45
9.2. Setor 4 – Grupo Amparo.....	47
10. METAMORFISMO.....	48
10.1. Rochas Metamórficas do Complexo Amparo.....	48
10.2. Rochas Metamórficas do Grupo Itapira.....	49
10.3. Rochas de Metamorfismo Dinâmico – Zona de Cisalhamento.....	50
10.4. Rochas anqui-metamórficas da Formação Eleutério.....	50
11. TECTONO-ESTRATIGRAFIA.....	51
12. ASPECTOS ECONÔMICOS.....	52
12.1. Água Mineral.....	52
12.2. Cascalho.....	52
12.3. Produtos Cerâmicos.....	53
12.4. Rochas ornamentais.....	53
12.5. Outros bens minerais.....	55
12.5.1. Areia.....	55
12.5.2. Manganês.....	55
12.6. Conclusões.....	55
13. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES.....	56
14. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – Mapa de localização da área de estudo.....	2
FIGURA 2 – Mapa Geológico da Nappe Socorro-Guaxupé	10
FIGURA 3 – Esquema ilustrando as relações de sobreposição de dobramentos	18
FIGURA 4 – Subdivisões da área de estudo em setores.....	42
FIGURA 5 – Estereograma para as foliações miloníticas, lineações, eixos de dobras e plano axial das dobras da Zona de Cisalhamento.....	44
FIGURA 6 – Esterograma para o acamamento sedimentar e foliação metamórfica do Setor 2	45
FIGURA 7 – Estereogramas para juntas e falhas do Setor 2.....	46
FIGURA 8 – Estereogramas para as foliações do Grupo Itapira, sub-setores 3A, 3B e 3C.....	46
FIGURA 9 – Estereogramas para eixo de dobras, falhas, lineações e juntas do Setor 3.....	47
FIGURA 10 – Estereogramas para foliações, eixo de dobras e lineações do Setor 4.....	48
FIGURA 11 – Possíveis caminhamentos metamórficos das rochas estudadas.....	51

ÍNDICE DE FOTOS

FOTO 1 – Gnaisses dos afloramentos 126 e 129.....	19
FOTO 2 – Migmatitos cisalhado e com dobra – Afloramento 127.....	21
FOTO 3 – Estruturas migmatíticas dobradas – Aflor. 22 e 148.....	22
FOTO 4 – Migmatitos com intercalação de lente anfibolítica do afloramento 121.....	24
FOTO 5 – Lente de anfibolito boudinado e cisalhado em arcabouço de quartzito.....	26
FOTO 6 – Aspectos macroscópicos dos granitos megaporfiríticos milonitizados.....	32
FOTO 7 – Pedreiras abandonadas de metarcóseos (afloramentos 96 e 93).....	37
FOTO 8 – Fraturas e nível conglomerático do metarenito arcoseano (aflor. 40).....	37
FOTO 9 – Aspectos macrocópicos dos metaconglomerados clasto-sustentados.....	40
FOTO 10 – Pedreira abandonada de siltito (Afloramento 138).....	41

ÍNDICE DE FOTOMICROGRAFIAS

FOTOMICROGRAFIA 1 – Aspectos microscópicos dos ortognaisses.....	20
FOTOMICROGRAFIA 2 – Feições microscópicas do muscovita quartzito	27
FOTOMICROGRAFIA 3 – Seção delgada a nicóis paralelos e cruzados.....	29
FOTOMICROGRAFIA 4 – Aspectos microscópicos dos granitos milonitizados.....	33
FOTOMICROGRAFIA 5 – Seção delgada dos metarcóseos e conglomerático.....	38

INDICE DE TABELAS

TABELA 1 – Unidades morfoestruturais, morfoesculturais e tipos de relevo identificados na área de estudo.....	6
TABELA 2 – Composição química dos metarcóseo e metapelitos da Fm. Eleutério.....	40
TABELA 3 – Fases de Dobramentos e Estruturas da área de estudo.....	43
TABELA 4 – Principais eventos metamórficos e eventos associados.....	48
TABELA 5 – Resultado dos Ensaios de Caracterização Tecnológica para Rochas Ornamentais da Formação Eleutério.....	54
TABELA 6 – Síntese da evolução geológica da área.....	56

RESUMO

Essa monografia visa apresentar os dados do projeto de mapeamento geológico-estrutural e potencial econômico de uma área com cerca de 230 km², nos arredores da cidade de Jacutinga/MG, região sul de Minas Gerais e áreas adjacentes do nordeste do estado de São Paulo, em cumprimento à disciplina de Trabalho de Formatura do Curso de Geologia do Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Constitui-se da Nappe Socorro–Guaxupé, que foi desenvolvida em resposta à colisão dos crátons Paraná e São Francisco (há ca. 630 Ma), com transporte de massas para leste, afetado pela sobreposição de um sistema de empurrões tardios, com vergência para noroeste, dando origem à intrincada zona de interferência das duas províncias. Localmente ocorrem rochas metassedimentares da bacia molássica de transição Proterozóico-Fanerozóico denominada Formação Eleutério; Rochas intrusivas, equigranulares a porfiróides, polifásicas, predominantemente granodiorítica e migmatitos de anatexia com estruturas diversas com neossomas granodioríticos a predominantemente granítico pertencentes ao Grupo Pinhal; Paragnáisses arcossianos, grauvaquianos, aluminosos, calcossilicatada, migmatitos e micaxistos aluminosos do Grupo Itapira e migmatitos de anatexia, polifásicos, com neossomas predominantemente granodiorítico, com intercalações ortognáissica homogêneas, equigranulares a porfiróides de composição tonalítica do Grupo Amparo. Buscou-se elaborar um mapa geológico-estrutural em semidetalhe da área em foco, com localização das ocorrências minerais economicamente viáveis à exploração. Além disso, esse trabalho visa treinar o aluno em geologia básica e aplicada, através de técnicas aprendidas durante o curso de graduação.

Palavras chaves: mapeamento geológico, petrografia, metamorfismo, geologia estrutural, geologia econômica.

ABSTRACT

This monograph presents the data of geological mapping, structural and economic research of an area of about 230 km², in the outskirts of Jacutinga / MG, south of Minas Gerais State and adjacent areas of the northeastern state of São Paulo, in compliance with the discipline of Graduation Course of Geology at the Institute of Geosciences and Exact Sciences. It consists of Socorro-Guaxupé Nappe, developed in response to the collision of cratons Parana and Sao Francisco (630 Ma ago), with mass transit to the east, affected by the coexistence of a system pushes later, with convergence to Northwest, giving rise to the intricate area of interference of the two provinces. Locally there metasedimentary rocks of molasse basin of Proterozoic-Phanerozoic transition called Eleutério; Intrusive, equigranular and porphyroid granites, polyphase, and predominantly granodioritic migmatites Anatexia of structures with different neossomas predominantly granodioritic to granitic in Group Amparo, paragneisses arcossianos, greywacke, aluminous , calc-silicate, mica schists and migmatites of the aluminous migmatites and Itapira Anatexia of multi-phase, with neossomas predominantly granodiorite, with intercalations orthogneissic homogeneous granitic to tonalitic porphyroid composition of the Amparo. We tried to draw a geological map, semi-structural detail of the area in focus, with location of mineral occurrences economically viable operation. Furthermore, this study aims to train students in basic and applied geology, using techniques learned during the undergraduate course.

Key words: geological mapping, petrography, metamorphism, structural geology, economic geology.

1. INTRODUÇÃO

A presente monografia tem por finalidade apresentar e descrever as principais atividades desenvolvidas no projeto de pesquisa “*Mapeamento Geológico-Estrutural e Potencial Econômico dos Arredores de Jacutinga – MG*” apresentado à Comissão do Trabalho de Formatura do Curso de Geologia do IGCE/UNESP pelo aluno Alexandre Francisco Petolchckny. O trabalho esteve sob orientação do Prof. Dr. Antonio Carlos Artur e co-orientação do Prof. Dr. Luis Sergio Amarante Simões, ambos docentes do Departamento de Petrologia e Metalogenia do IGCE.

A área proposta abrange cerca de 230 km² nos arredores de Jacutinga/MG, localizada no extremo sul de Minas Gerais e áreas adjacentes do nordeste do estado de São Paulo, tendo como cidades vizinhas Ouro Fino/MG, Mogi Guaçu/SP e Itapira/SP. Insere-se nas folhas topográficas Mogi Guaçu (SF23-Y-A-III-3) e Águas de Lindóia (SF23-Y-A-III-4) do IBGE (1972). Geologicamente abrange metarenitos arcoseanos, metasiltitos e metaconglomerados da Formação Eleutério, inseridos nos metassedimentos, às vezes migmatizados, do Grupo Itapira, nos gnaisses graníticos e migmatitos do Grupo Pinhal e nos ortognaisses e migmatitos estromáticos do Complexo Amparo.

Representa uma área geologicamente complexa, que abrange diversos tipos litológicos e elementos estruturais, adequada para o desenvolvimento de estudos de mapeamento.

2. OBJETIVO E DEFINIÇÃO DAS PROPOSTAS.

Os trabalhos propostos tiveram como objetivo o mapeamento geológico-estrutural em semi-detalle de uma área de cerca de 230 km² dos arredores de Jacutinga (MG), na escala 1:50.000 com integração dos dados existentes na literatura, incluindo a caracterização tecnológica de ocorrências litológicas para fins de rochas ornamentais. Como produto final, esperou-se contribuir para o refinamento cartográfico das unidades litológicas presentes, complementados por estudos petrográficos e correspondentes relações estruturais, a fim de obter dados para o entendimento da evolução geológica da área e tecer considerações sobre a potencialidade mineral da área. Além disso, esse trabalho proporcionou ao aluno treinamento em geologia básica e aplicada, atendendo aos objetivos do Trabalho de Formatura.

3. SITUAÇÃO DA ÁREA

3.1. Localização e extensão

A área de estudo se situa nos arredores da cidade de Jacutinga/MG, região sul de Minas Gerais e áreas adjacentes do nordeste do estado de São Paulo. Abrange área com cerca de 230 km² limitada entre os meridianos de 46°46' a 46°35'W e paralelos 22°15' a 22°24'S (Figura 1).

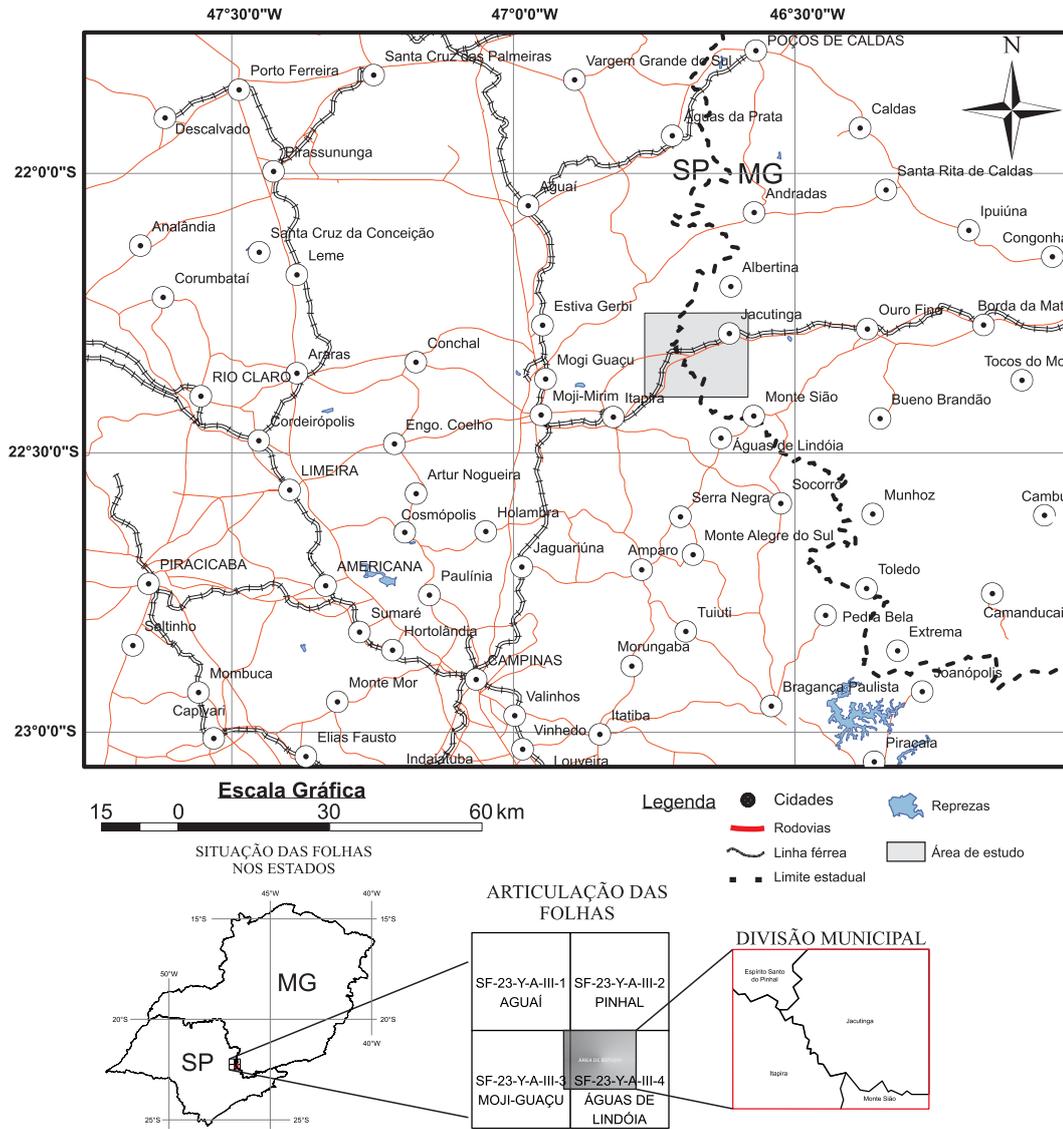


FIGURA 1 – Mapa de localização da área de estudo.

3.2. Vias de acesso

A área de estudo ocorre a cerca de 390 km de Belo Horizonte e 140 km da capital paulista. As vias de acesso a partir de Rio Claro se dão pela Rodovia Washington Luiz/SP-310, Rodovia Anhanguera/SP-330, Rodovia Eng. João Tosello/SP-147 e Rodovia MG-290, sentido Itapira, num total de 130 km. Além destas, a região dispõem de boa malha de estradas secundárias que interligam as fazendas e bairros rurais, permitindo também o acesso com certa facilidade às mais diversas localidades da área de interesse do presente estudo.

3.3. Cobertura cartográfica

A área se insere nas folhas topográficas Moji Guaçu (SF23-Y-A-III-3) e Águas de Lindóia (SF23-Y-A-III-4) editadas pelo IBGE (1972) nas escalas de 1:50.000 e pelas folhas 60/103 a 60/106; 61/103 a 61/106; 62/103 a 62/106; 63/103 a 63/106; 64/103 a 64/106 em escala 1:10.000, de autoria do ICG/Coordenadoria de Ação Regional-Divisão de Cartografia (1979). As faixas da cobertura aerofotogramétrico do IBC-GERCA (1972), em escala 1:25.000, são: 35539-35546;

34684-34691; 34026-34033; 33875-33882; 33140-33147. Para as imagens de satélites foram levantadas as seguintes cenas: CBERS-2B sensor CCD - orbita 154/125 e 155/125; sensor HRC – 154A/125-2, 154A/125-3, 154B/125-2 e 154B/125-3.

4. JUSTIFICATIVAS

A área escolhida se insere em um contexto geologicamente controverso, com diversos fatores geológicos e estruturais de grande interesse para promover um trabalho de mapeamento, pois envolvem unidades litológicas de infra-estrutura ortoderivadas, seqüências metassedimentares (baixo e alto graus metamórficos) e intrusões graníticas e migmatitos, mais ou menos afetadas por intenso tectonismo, além do provável potencial para recursos minerais como rocha ornamental e construção civil. A infra-estrutura da malha viária permite boa trafegabilidade pela área e engloba uma cidade e três vilarejos, além da proximidade da cidade de Rio Claro.

O tema foi proposto também em virtude da importância do mapeamento geológico na formação do aluno graduando em geologia. A área selecionada é boa para o desenvolvimento de atividades relativas a trabalho de formatura por conter objetos de estudos que envolvem o conhecimento interdisciplinar do curso de Geologia, como mapeamento geológico, petrologia, mineralogia, geologia estrutural e geotectônica, análise fotogeológica, estratigrafia, geologia econômica e prospecção mineral, bem como o uso de softwares próprios para esse fim.

5. MÉTODO DE TRABALHO

Para atingir os objetivos almejados foram adotadas as seguintes atividades básicas:

5.1. Levantamento Bibliográfico

Revisão bibliográfica acompanhada do levantamento dos dados geológico-estruturais disponíveis sobre as unidades geológicas da área de interesse, bem como da literatura pertinente aos recursos minerais da região e as áreas oneradas perante o DNPM. Constaram dessa etapa a obtenção de mapas topográficos, fotolitológicos e geológicos preliminares da área de estudo e métodos de ensaios laboratoriais

5.2. Tratamento Digital de Bases Topográficas e Geológicas

O tratamento digital compreendeu a compilação de um mapa fotolitológico com base topográfica, atualizado, que foi utilizado como base durante os trabalhos de campo e para geração do mapa geológico final.

5.2.1. Base topográfica e superfície em 3D

Compreendeu a confecção de um mapa topográfico base na escala 1:50.000 (Anexo 2) compilado a partir das folhas topográficas Moji Guaçu (SF23-Y-A-III-3) e Águas de Lindóia (SF23-Y-A-III-4) do IBGE (1972). Foi compilado a partir de imagem de satélite STRM um

modelo digital do terreno (MDT) para auxiliar na interpretação do comportamento do relevo. A partir das imagens dos satélites CBERS-2B, sensor HRC, de resolução espacial 2,5 metros e SPOT, algumas estradas, drenagens e cidades foram atualizadas na base topográfica.

5.2.2. Tratamento digital da base geológica

Compreendeu a confecção de um mapa geológico base embasada nos diversos trabalhos consultados, inserindo-se as informações obtidas por foto-interpretação.

5.3. Carta Fotogeológica

A interpretação fotogeológica foi efetuada em fotografias aéreas do IBC-GERCA, de 1972, em escala 1:25.000. A sistemática permitiu traçar as principais feições estruturais e geomorfológicas, bem como a delimitação das zonas homólogas e variações litológicas.

5.4. Trabalhos Geológicos de Campo e Amostragem

Foram realizadas cinco etapas de campo totalizando 20 dias, no qual buscou a descrição das litologias, mantos de alteração, levantamento das feições estruturais/estratigráficas mais proeminentes e coleta de amostras para análises petrográficas e ensaios laboratoriais.

Os levantamentos geológicos de campo foram desenvolvidos de forma integrada com os resultados obtidos no mapa fotogeológico preliminar e de dados disponíveis na literatura pertinente. Procurou-se durante as caminhadas no campo, realizar perfis contínuos de maneira a cobrir a maior extensão da área controlada, perpendicularmente as principais estruturas, para melhor delimitar os contatos litológicos.

5.5. Análises Petrográficas

A análise petrográfica fundamentou-se na caracterização mineralógica qualitativa e quantitativa, caracterização dos aspectos texturais e estruturais gerais exibidos pelas amostras previamente analisadas. Foram confeccionadas 36 lâminas delgadas a partir das amostras coletadas, bem como levantadas 130 amostras com 80 lâminas delgadas do acervo do IGCE (UNESP Rio Claro), relacionadas a projetos anteriores enfocando a área de pesquisa, visando buscar informações complementares às amostras coletadas.

A caracterização petrográfica voltada à correlação com as propriedades tecnológicas das rochas potenciais para fins ornamentais foi embasada na norma NBR 12.768 (ABNT 1992a), complementada pelas considerações de Navarro (1998) e Rodrigues *et al.* (1997).

5.6. Ensaios Tecnológicos

Com o objetivo de fornecer uma caracterização físico-mecânica das ocorrências promissoras para fins ornamentais e a análise granulométrica e composicional de amostras alteradas, foram realizados os seguintes ensaios:

Índices físicos: correspondem às propriedades de massa específica aparente seca e saturada, porosidade e absorção d'água aparentes, os quais foram correlacionados com os de resistência mecânica da rocha. Foram adotadas as diretrizes da norma NBR 12.766 (ABNT, 1992b);

Resistência ao Desgaste Abrasivo Amsler: mede a resistência do material à solicitação abrasiva através da variação da espessura de duas placas em um percurso de 1000 m, segundo preceitos da norma NBR 12042 (ABNT, 1992c);

Resistência à compressão uniaxial simples: executado conforme a norma NBR 12767 (ABNT, 1992d), permite quantificar a tensão em que um corpo-de-prova de uma rocha submetido a esforços compressivos sofre ruptura. Desta forma estes valores são extremamente importantes para uma primeira avaliação da resistência mecânica das rochas;

Velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas: consiste na obtenção da velocidade das ondas longitudinais (ondas P), reflexo direto do grau de isotropia desses materiais, sendo influenciado pela estrutura, grau de alteração, porosidade, e presença ou não de água na rocha. Esse ensaio é embasado na norma ASTM D 2845 (ASTM, 1990);

Distribuição Granulométrica: utilizou-se o método por decantação e pipetagem; peneiramento classificado por 5 frações diferentes, de 18# a 250# e passante;

Difratometria de Raios X: depois de separada a fração argila ($<2\mu$), foi feita lâminas e analisada por difração de raios X e os dados interpretados no software EVA®.

5.7. Integração e Interpretação dos Dados

Os resultados obtidos durante as campanhas de campo e nos ensaios laboratoriais são apresentados em forma de mapas, gráficos e tabelas petrográficas, reunidos no relatório final. O principal produto apresentado é um mapa geológico-estrutural da área de interesse, com a caracterização das litologias e estruturas, além de uma síntese sobre sua evolução, com as principais ocorrências minerais.

6. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

6.1. Geomorfologia

6.1.1. Caracterização Geomorfológica

Almeida (1964) baseado nos conceitos de províncias, zonas e subzonas geomorfológicas, subdividiu o Estado de São Paulo em cinco províncias geomorfológicas: Planalto Atlântico, Província Costeira, Depressão Periférica, Cuestas Basálticas e Planalto Ocidental. Com base nesta proposta, a área de estudo encontra-se no Planalto Atlântico, Zona Cristalina do Norte, que constitui a transição entre as terras altas do sudoeste mineiro e a região sedimentar mais baixa da Depressão Periférica. Ponçano et. al. (1981) identificaram as regiões no Estado a partir de padrões recorrentes de topografia, solos e vegetação, resultando em um mapa sintético que

ênfatiou os padrões morfológicos do relevo (PONÇANO *et al.* 1981). Os autores identificaram as províncias geomorfológicas do Estado e realizaram a subdivisão em zonas e em subzonas (as unidades de relevo). A proposta de Ross e Moroz (1997) levou em consideração que cada unidade geomorfológica de grande dimensão se distingue na paisagem pelas suas características fisionômicas (morfologia), mas também pela gênese e idade.

Com base no Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, proposto por Ross e Moroz (1997), Ponçano *et al.* (1981), Cavalcante *et al.* (1979) e Machado Filho *et al.* (1983), verifica-se a ocorrência dos seguintes tipos principais de relevo, conforme a Tabela 1.

TABELA 1 - Unidades morfoestruturais, morfoesculturais e tipos de relevo identificados na área de estudo

Unidades Morfoestruturais	¹ Unidades Morfoesculturais	Tipos de Relevo
¹ Cinturão Orogênico Atlântico	¹ Planalto Atlântico	¹ Planalto de Serra Negra/Lindóia
^{2,3,4} Planalto Atlântico	^{2,3} Zona Cristalina do Norte	⁴ Serrania de Lindóia
⁵ Faixas de dobramentos remobilizados		^{3,5} Subzona/Planalto Amparo
		⁵ Planalto de Lindóia
		⁵ Colinas e Maciços Costeiros

¹ Segundo Ross e Moroz (1997); ² Segundo Almeida (1964); ³ Segundo Cavalcante *et al.* (1979); ⁴ Segundo Ponçano *et al.* (1981); ⁵ Machado Filho *et al.* (1983)

6.1.2. Caracterização Topográfica e Análise do Relevo

Para a obtenção da topografia da área, foi produzido o modelo digital de elevação (MDE) como fonte de dados altimétricos, apresentados no Anexo 2. A avaliação do relevo tem como objetivo avaliar e qualificá-lo de acordo com a dinâmica atual e tecer comentários sobre as principais aplicações na interação com os componentes ambientais. Os sistemas de relevo predominante são denudacionais em interflúvio e vertentes, em regime de dissecação, verificados no projeto Machado Filho *et al.* (1983). A região apresenta diversos alinhamentos de serra, com declividade acentuada e desnível superior a 500m.

As classes classificadas como fracas tem características que abrangem relevo colinoso com vertentes convexas e topos convexiados, intercalados com incisões de drenagens entre 44 a 92 metros e declividade que varia de 5° a 24°. Nas regiões que predominam savanas, o processo dominante é escoamento difuso, e nas áreas com baixa densidade de drenagem (Fa4) há um equilíbrio entre os processos morfogenéticos e pedogenético, enquanto que nas áreas com alta densidade (Fa5) há uma maior concentração de processos erosivos.

6.2. Pedologia

Apesar da área de abrangência ser de pequena extensão, apresenta grande variabilidade de classes de solos, com grande discrepância entre elas a depender da fonte consultada, sendo identificadas principalmente as duas seguintes classes: Podzólico Vermelho-Amarelo, Cambissolos distróficos, Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, (ROSS E MOROZ, 1997;

MACHADO FILHO *et al.*, 1983). Oliveira *et. al.* (1999) descrevem como Argissolo Vermelho em toda a porção paulista, com ocorrência de Argissolo Vermelho-Amarelo na porção centro-sul, semelhante a IBGE (2001), que acrescenta Latossolo Vermelho e Latossolo Vermelho-Amarelo.

Na maior parte da área, são reconhecidos Argilossolo Vermelho-Amarelo - PVA80 (PVA Eutrófico + PV Eutrófico + LV Distrófico, segundo IBGE, 2001) ou PV10 (PV distrófico + NX distrófico + RL distrófico de acordo com Oliveira *et. al.* 1999), de baixa fertilidade, características regulares, topografia ondulada a montanhosa, tendo como limitações: declives acentuados, restrição de drenagem, excesso de alumínio.

Na porção centro-leste são identificados Latossolo Vermelho - LV37 (LV Distrófico + LVA Distrófico + CX Tb Distrófico) e no extremo oeste Latossolo Vermelho-Amarelo - +LVA5 (LVA Distrófico + LV Distrófico).

6.3. Vegetação

Pela distribuição regional da vegetação natural, toda a área apresenta como cobertura vegetal original, vegetação sob o domínio da Mata Atlântica e Cerrado, áreas de contato principalmente, entre Floresta Estacional Decidual e Floresta Estacional Semidecidual. A partir de meados do século XIX houve uma redução significativa dessa vegetação natural na região devido à expansão da fronteira agrícola, com a introdução da cultura do café na região de mata (solo fértil) e, em parte, às pastagens.

Atualmente, os fragmentos remanescentes estão sob freqüente perturbação e são de diferentes unidades fitogeográficas: Floresta Estacional Semidecidual, condicionado a estacionalidade climática e pela queda das folhas durante o período seco, em 20 a 50% das árvores caducifólias da floresta e Floresta Ombrófila Densa, também relacionado à faixa de 0 a 60 dias de seca. A vegetação ombrófila densa ocorre sob clima ombrófilo sem período biologicamente seco durante o ano e excepcionalmente com 2 meses de umidade escassa, mesmo assim ainda com muita umidade concentrada nos ambientes dissecados das serras.

7. REVISÃO GEOLÓGICA REGIONAL

7.1. Contexto geotectônico regional

A revisão completa da evolução dos conhecimentos na referida área é uma tarefa difícil que requer muito tempo e dedicação, seja pela grande quantidade de dados existentes na literatura bem como pelas controvérsias geradas ao longo dos anos pelos diferentes autores. Qualquer omissão de trabalho não significa demérito do autor.

No contexto geral a área de interesse se insere no sistema Nappe Socorro-Guaxupé citada em Campos Neto & Caby (1999), separado pela Faixa Alto Rio Grande (HASUI & OLIVEIRA, 1984), ou em termos dos Blocos Pinhal e Jundiaí, separados pela Zona de Cisalhamento

Jacutinga (PENALVA e WERNICK, 1973). Especificamente, a área de estudo engloba delgada faixa do extremo sul da *nappe* de Guaxupé (ou do Bloco Pinhal) e do extremo norte da *nappe* Socorro (ou Bloco Jundiá), separadas pela Faixa Alto Rio Grande (Figura 2), no qual fazem parte os Complexos Proterozóicos Itapira, Amparo e Pinhal, além da Formação Eleutério (Proterozóica/Fanerozóica). Nesse sentido, a área de estudo se insere na Província Estrutural Tocantins de Almeida *et al.* (1977), correspondendo ao embasamento da faixa de dobramentos Uruaçu, contudo, alguns autores como Heilbron *et al.* (2004) consideram pertencentes ao setor central da Província Mantiqueira, setor central, como uma extensão da faixa Brasília.

Sua evolução pode ser cotejada com a evolução de outros domínios brasileiros/pan-africanos (HEILBRON *et al.*, 2008, 2004; CAMPOS NETO, 2000). Na extremidade meridional da Província Tocantins, a *Nappe* Socorro-Guaxupé foi desenvolvido em resposta à colisão dos crátons Paraná e São Francisco (há ca. 630 Ma), com transporte de massas para leste, afetado pela sobreposição de um sistema de empurrões tardios, com vergência para noroeste. Esse evento foi associado à colisão da extremidade meridional do Orógeno Araçuaí contra o Cráton São Francisco-Paraná (TROUW *et al.* 2000; CAMPOS NETO, 2000), há 560 Ma, dando origem à intrincada zona de interferência das duas províncias, anteriormente interpretada como um cinturão distinto, denominada Faixa Alto Rio Grande (HASUI e OLIVEIRA, 1984).

As *nappes* localizadas no extremo sul da Faixa Brasília compreendem dois ambientes geodinâmicos principais (CAMPOS NETO, 2000). O superior, e mais interno, representa domínio de arco magmático neoproterozóico, cuja acresção foi controlada pela subducção para WSW do segmento oceânico da Placa Sanfranciscana sob a margem ativa da Placa Paranapanema, resultando na extensa estrutura alóctone da *Nappe* Socorro-Guaxupé. O ambiente geodinâmico basal e mais externo envolve escamas das coberturas neoproterozóicas e do substrato paleoproterozóico da margem passiva sudoeste da Placa Sanfranciscana, além de terrenos alóctones, interpretada como uma extensão sul da Faixa Brasília (TROUW *et al.* 2000).

As associações metassedimentares do Orógeno Ribeira e da extremidade sul do Orógeno Brasília representam depósitos sedimentares de margem passiva. Entretanto, na porção interna do Orógeno Ribeira e nas *nappes* superiores do Orógeno Brasília (*Nappe* Socorro-Guaxupé) existem seqüências depositadas durante a Orogênese Brasileira, em bacias de ante-arco e retro-arco. Os Orógenos Ribeira e Brasília registram o diacronismo de diferentes etapas da Orogênese Brasileira (CAMPOS NETO, 2000; TROUW *et al.*, 2000). Em ambos os orógenos, a subducção de litosfera oceânica resultou na geração de arcos magmáticos cordilheiranos. Os estágios colisionais, principais responsáveis pela deformação, metamorfismo e geração de granitóides crustais, foram marcadamente diacrônicos. O estágio colisional na extremidade sul do Orógeno Brasília ocorreu em torno de 630 Ma (Colisão I), mas no Orógeno Ribeira situa se entre 580 e 560 Ma (Colisão II). Os efeitos da Colisão II atingiram o recém-estruturado Orógeno Brasília,

resultando na complexa Zona de Interferência entre os dois orógenos, materializada na região sul/sudoeste do Estado de Minas Gerais.

A Nappe Socorro-Guaxupé é uma espessa lasca de ca. 15 km de espessura (Figura 2) organizados em uma pilha alóctone de três unidades que correspondem a níveis distintos da crosta continental: a Unidade Granulítica Inferior, a Unidade Diatexítica Intermediária e a Unidade Migmatítica Superior (CAMPOS NETO e CABY, 2000). A estrutura alóctone encontra-se segmentada em dois lobos, Guaxupé a norte e Socorro a sul, separados por rampas laterais de alto ângulo. Artur (1988) propôs um zoneamento metamórfico, com estruturas de mais alto grau ao norte diminuindo para sul, tanto para a *nappe* Socorro ao sul quanto a Guaxupé ao norte.

A Unidade Granulítica Inferior consiste de granada-biotita-ortopiroxênio granulitos bandados, de composição enderbítica a charno-enderbítica, com intercalações locais de gnaisses gabro-noríticos, máficas e ultramáficas, que segundo Artur (1988) representa uma unidade de infra-estrutura Arqueana. A Unidade Migmatítica Superior consiste de uma seqüência metassedimentar submetida à anatexia de intensidade decrescente em direção ao topo estrutural da *nappe*. Compreende aos migmatitos do Complexo Amparo, do Proterozóico Inferior, essencialmente de infra-estrutura.

A Unidade Diatexítica Intermediária, no qual se insere a área de estudo na concepção de Campos Neto e Caby (*op cit*), é constituída por ortognaisses metaluminosos, representados por corpos descontínuos de migmatitos estromáticos envolvidos por nebulito gnaiss cinza a rosado. Essa unidade é denominada de Complexo Metamórfico-Migmatítico Pinhal (WERNICK e PENALVA, 1980), contendo na porção sul, no contexto da área de estudo, uma grande intrusão granítica, individualizada por Wernick e Penalva (*op cit*). Esses autores reconheceram granitos porfiróides e equigranulares róseos, intimamente associados a vários tipos de migmatitos com intercalações de rochas metamórficas.

As primeiras tentativas de um ensaio sobre a evolução da área se devem a Ebert (1968), baseado em modelo de cinturões orogênicos clássicos (Geossinclínio Paraíba), amoldado entorno do Cráton São Francisco, desmembrado em dois ramos: Araxaídes, de direção NW, e Paraíbides, de direção NE a ENE. Essas duas faixas delimitam um terreno em forma de cunha (Cunha Guaxupé). Almeida *et al.* (1976) introduziram o conceito de “maciço mediano” e denominaram o Maciço de Guaxupé, posteriormente redefinido por Hasui *et al.* (1978) como um maciço mediano do ciclo Brasileiro que separa as faixas dobradas brasileiras. Dessa forma, o maciço englobaria os grupos Andrelândia e Itapira. Para Wernick (1978), o maciço compreende unidades transamazônicas (Grupos Amparo e Andrelândia) e brasileiras (Grupo Pinhal). Os trabalhos de Wernick e Artur (1983), Artur e Wernick (1984), Campanha *et al.* (1983) e Artur (1988) estabeleceram um modelo de evolução policíclica de terrenos arqueanos para o Maciço de Guaxupé através de retrabalhamento crustal, e acreção vertical. Campos Neto *et al.* (1984) e

Campos Neto (1991; 2000) estabeleceram o modelo de *nappe* de empurrão (Nappe Socorro) na evolução proterozóica, onde os terrenos de alto grau teriam sido colocados sobre seqüências de baixo grau (Grupo Itapira). Aos terrenos ao norte da falha de Jacutinga, Campos Neto (op cit) denominou de *Nappe* de Empurrão Socorro-Guaxupé, cuja estruturação ocorreu no brasiliano.

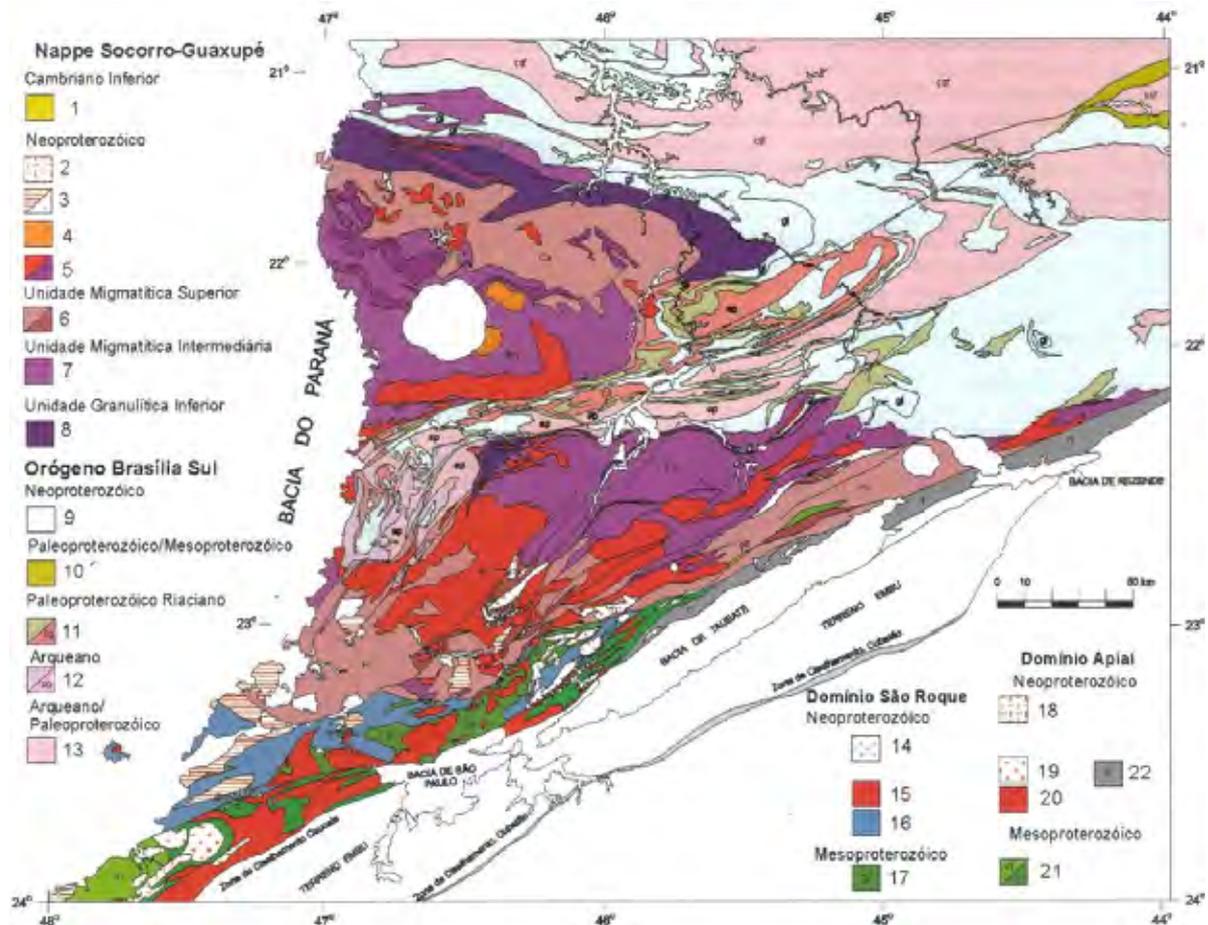


FIGURA 2 - Mapa Geológico da Nappe Socorro-Guaxupé e do Domínio São Roque. Legenda detalhada em a Nappe Socorro Guaxupé: 1-Fm. Pico do Itapeva (pit) e correlatas no Domínio Andrelândia (e-Fm Eleutério, pa-Fm Pouso Alegre); 2- Granitos tipo-A aluminosos; 3-Província granítica Itu (cálcio-alcalina/A-aluminosa Série jotunito-mangerito (m) e granitos 585-590 Ma); 4-Sienitos Capituva e Pedra Branca (ca.610 Ma); 5- Hbl-Bt ortognaisses cálcio-alcalinos porfirítico-porfiroclásticos, Grt-Bt granitos (np) e ortognaisses Mangerito-graníticos (620-630 Ma); 6- Gnaisses e migmatitos estromáticos com mesossoma metassedimentar, Complexos Piracaia (Pi) e Caconde (Ca).Ortognaisses tonalito-granodiorito-graníticos (640-655 Ma). 7- Gnaisses diatexíticos de composição granítica metaluminosa. Complexos Pinhal (Ph) e Paraisópolis (Pa); 8- Granada granulitos básicos e enderbitos gnáissicos (Extraído de HEILBRON *et al.*, 2004)

Cavalcante *et al.* (1979) definiram a existência de duas cunhas tectônicas (Socorro e Guaxupé), delimitadas entre si pela Zona de Cisalhamento Ouro Fino (que corresponde a Zona Rúptil Carandaí-Moji-Guaçu de WERNICK *et al.*, 1981). A cunha tectônica de Guaxupé apresentaria deslocamento de oeste para leste enquanto a cunha de Socorro tem deslocamento de nordeste para sudoeste.

Trabalhos recentes baseados em levantamentos de tectono-estratigrafia inserem a região no Sistema de *Nappes* do Sudeste do Brasil, Cinturão Brasília (TROUW *et al.*, 2000) ou Sistema

Orogênico Tocantins (CAMPOS NETO, 2000). Com a evolução do conhecimento geológico, as rochas da região foram agrupadas e reagrupadas em diferentes unidades, resultando em denominações diferentes para o mesmo conjunto de rochas.

7.2. Mapeamentos realizados na região

A geologia da área em foco é uma das mais controversias da região sul da borda do Cráton São Francisco, sendo alvo de vários mapeamentos sistemáticos em diversas escalas, tanto por órgãos competentes como alvo de teses e dissertações. Atualmente diversos mapas em formato *shapefile* (GIS) estão disponíveis para consulta (Anexo 1).

Para os levantamentos geológicos regionais dos estados de São Paulo e Minas Gerais e da Folha SF-23 Rio de Janeiro, em escala 1:250.000 ou superior, foram consultados Machado Filho *et al.* (1983); Bizzi *et al.* (2003, 2006); Leite *et al.* (2004); Perrota *et al.* (2006) e Bistrichi *et al.* (1981); Cavalcante *et al.* (1979); Morais (1999). Para os levantamentos de caráter local foram consultados Campanha *et al.* (1983); Artur (1980, 1988); Campos Neto (1991); Haddad (1995); Rodrigues (1976); Teixeira (1995) e Zanardo (1987; 2003).

Cabe ressaltar que os levantamentos de âmbito regional ora efetuados foram embasados em compilações dos trabalhos locais supracitados ou atualizações em SIG dos trabalhos antigos. Cabe, entretanto, destacar a observância de certa discrepância na nomenclatura e delimitações cartográficas das unidades e respectivas evoluções geológicas entre algumas das obras consultadas.

7.3. Unidades Litoestratigráficas no contexto da área de estudo

As unidades litoestratigráficas da *nappe* Guaxupé de interesse na área de estudo estão representadas pelo Complexo Metamórfico Pinhal e batólito Pinhal (WERNICK & PENALVA 1973). Já as unidades da *nappe* Socorro, situada ao sul da Zona de Cisalhamento Jacutinga, são constituídas pelo Complexo Amparo e Grupo Itapira, sendo que a Faixa Alto Rio Grande engloba a formação Eleutério, bem como as unidades litoestratigráficas supracitadas afetadas pelos efeitos tectônicos inerentes a Zona de Cisalhamento Jacutinga.

7.3.1. Complexo Metamórfico-Magmático Pinhal / Batólito Pinhal-Ipuiúna

As rochas aflorantes ao norte da falha de Jacutinga, pertencentes ao Bloco Pinhal (CAMPANHA *et al.*, 1983), constituem associações litológicas que passaram por distintas designações e interpretações litoestratigráficas por diferentes autores. Cavalcante *et al.* (1979) considera como pertencentes ao Complexo Varginha-Guaxupé que englobariam rochas do fácies anfíbolito à granulito, representadas por granitos, migmatitos granitóides e granulitos além dos metassedimentos do Grupo Varginha de Ebert (1971). Para Wernick e Artur (1983) e Artur (1988), apenas as rochas granulíticas e charnockíticas seriam integrantes do Grupo Varginha de

Ebert (1971), enquanto que os migmatitos e granitóides intrusivos da porção centro-sul integrariam o Complexo Pinhal de Wernick e Penalva (1974), resultantes do retrabalhamento de rochas mais antigas do Ciclo Brasileiro.

Wernick e Penalva (1980) definiram o Complexo Pinhal como Proterozóico Superior e o consideraram-no como uma unidade de infra-estrutura derivada e constituída por uma associação de retrabalhamento, com núcleos migmatíticos Arqueanos intensamente rejuvenescidos em eventos posteriores e uma de adição resultando em numerosos granitos intrusivos cálcio-alcálico de idade brasileira (ARTUR 1988). Na porção sul do Complexo Pinhal, em contato tectônico com a Faixa Alto do Rio Grande ocorre um expressivo batólito denominado Pinhal-Ipuiúna, estudado em detalhe por Haddad (1995) e Janasi (1999), que representa uma das principais ocorrências do magmatismo sin-orogênico da *nappe* Socorro-Guaxupé.

As litologias do Complexo Pinhal são bastante evoluídas e variadas, incluindo seqüências com variedades que gradam desde metatexitos, diatexitos, anatexitos até granitos anatéticos, freqüentemente polifásicos. O batólito Pinhal-Ipuiúna apresenta tendência cálcio-alcálica potássica e caráter metaluminoso a fracamente peraluminoso. Predomina composição monzogranítica, granodiorítica, monzodiorítica e diorítica com alguns termos monzoníticos, sieníticos e tonalíticos. São predominantemente porfiríticas a porfiróides, intrusivos em orto- e paragneisses migmatíticos. Apresenta foliação tectônica desenvolvida sob temperaturas elevadas, marcada principalmente pelo alinhamento dos megacristais de FK e pela orientação planar de micas e/ou anfibólios (Artur 1988, Haddad 1995).

7.3.2. Complexo Amparo

O Complexo Amparo foi caracterizado litologicamente por Wernick (1967) e elevado a categoria de Grupo por Ebert (1968), que o correlacionou ao Grupo Barbacena. O Complexo Amparo ocorreria no Bloco Jundiá de Hasui *et al.* (1969), delimitado a norte pela falha de Jacutinga e a sul pelos falhamentos Jundiuvira e Itu. Ebert (1971) considerava o Grupo Amparo como representando o embasamento do Grupo Itapira, sendo que Wernick e Penalva (1973) interpretaram ambos os grupos como sendo equivalentes e diferenciados entre si por variações faciológicas.

A denominação de “Complexo” Amparo foi dada por Cavalcante *et al.* (1979), que incluía no Complexo Amparo parte das litologias do Grupo Itapira. Artur *et al.* (1988; 1990) consideraram o Complexo Amparo como sendo uma unidade da infra-estrutura, constituída por associações litológicas ortoderivadas originalmente do Arqueano, intensamente retrabalhadas durante o Ciclo Transamazônico, representando, desta forma, o embasamento do Grupo Itapira.

Complexo Amparo é considerado como uma unidade essencialmente gnáissico-migmatítica, de natureza anatética e polifásica (ARTUR, 1988). Os migmatitos da área

apresentam neossomas predominantemente granodioríticos a subordinadamente graníticos. Os paleossomas ou mesossomas possuem composição trondhjêmica ou tonalítica, mais raramente granodiorítica, e constituem-se de oligoclásio, microclínio, quartzo, biotita e hornblenda. oligoclásio, quartzo, microclínio e biotita. Suas estruturas são as mais variadas, destacando-se os tipos estromáticos, predominantes, dobrados, flebíticos, *schollen*, *schlieren*, ptigmáticos, estictolíticos, homofânicos e nebulíticos.

Foram obtidas idades entre 2,9 Ga. e 3,2 Ga. pelos métodos Rb/Sr, U/Pb e Pb/Pb (HASUI e OLIVEIRA, 1984; BASEI, 1991, FETTER *et al.*, 2001; TASSINARI e NUTMAN, 2001, apud ARTUR, 2003). O retrabalhamento durante o Paleoproterozóico também fica evidente pelas datações de leucossomas através dos métodos Rb/Sr e U/Pb com idades entre 1,8 Ga. e 2,2 Ga. (ARTUR, 1988; CAMPOS NETO, 1991; TASSINARI e NUTMAN, *op cit*). Datações Rb/Sr em neossomas de rochas migmatíticas remigmatizadas do Complexo Amparo forneceram idades entre 600 e 680 Ma (ARTUR, 1988; ARTUR *et al.*, 1988), evidenciando novo retrabalhamento superimposto nestas rochas durante a orogenia Brasileira.

7.3.3. Grupo Itapira

As rochas pertencentes ao Grupo Itapira ocorrem ao longo da Faixa Itapira-Amparo, que separa os lobos Guaxupé a norte e Socorro a sul. A análise desse grupo envolve o problema da conceituação e distribuição espacial. Artur (1988) unificou os grupos Andrelândia (Ebert, 1956, apud Artur, 1988) e Itapira (Ebert 1971) devido à falta de continuidade física entre ambos. Campos Neto (1991) renomeia esse conjunto de Sistema Depositional Itapira e reinterpreta como derivada de rápida deposição de sedimentos oriundos tanto de rochas magmáticas quanto psamíticas. Morais (1999) reconhece como Grupo Itapira as unidades quartzíticas e quartzoxistosa e Grupo Andrelândia os (granada) biotita-plagioclásio gáncise. Cavalcante *et al.* (1979) e Campanha *et al.* (1983) interpretam a região apenas como pertencentes ao Complexo Itapira.

Definido originalmente por Ebert (1971), o Grupo Itapira ocorreria numa estreita faixa situada entre os maciços graníticos Pinhal e Socorro. Esta faixa teria a estruturação de meganticlinal constituída por sinclinais (Grupo Itapira) e anticlinais (Grupo Amparo), em seu embasamento. Segundo o mesmo autor, o Grupo Itapira apresentaria grau metamórfico mais baixo que do Grupo Amparo, correlacionável ao Grupo Andrelândia. Para Wernick e Penalva (1973) não seria possível, na região de Itapira, distinguir o Grupo Amparo do Grupo Itapira, baseado nos critérios de Ebert (1971). Entretanto, mais tarde Wernick *et al.* (1976) aceitam a proposição de Ebert (*op. cit.*) ao separarem, a nível regional, uma seqüência mais jovem (Grupo Itapira) de seu embasamento (Grupo Amparo) atribuindo-lhes, respectivamente, idades brasileira e transamazônica.

O Grupo Itapira corresponde a uma unidade metavulcano-sedimentar de médio a alto grau metamórfico e parcialmente migmatizada, do Proterozóico inferior. Especificamente na região de estudo, as rochas do Grupo Itapira apresenta arcabouço litológico constituído por paragneisses mais ou menos migmatizados e mica xistos com intercalações freqüentes, ora possantes ora delgadas, de quartzitos, taxas variáveis de metavulcânicas principalmente de natureza metabásica, além de níveis, leitões e lentes de rochas calciossilicáticas, mármore, gônitos e metaultramáficas (CAVALCANTE *et al.*, 1979; ARTUR, 1980, 1988, entre outros).

Determinações pelo método K-Ar em minerais (micas e feldspatos) efetuadas por Cavalcante *et al.* (1979) e Artur (1980) tem fornecido idades concentradas no intervalo de 530 e 700 M.a, compatíveis com o Ciclo Brasileiro. Artur (1980) também obteve uma idade de 1.140 ± 88 Ma pelo método Rb/Sr em rocha total na região de Itapira, reforçando a possível origem pré-Brasileira. Janasi (1999) interpreta, através de datações pelos métodos Sm-Nd e Rb-Sr, um significativo componente juvenil na unidade de metagrauvas que fornecem idades T_{DM} com 1,2 Ga e 0,92 Ga, enquanto que os metapelitos que intercalam essa unidade apresentam T_{DM} entre 1,8 e 2,1 Ga, sugerindo a contribuição de área-fonte continental e antiga. Ebert *et al.* (1996) obtiveram pelo método U/Pb em zircões de um paragneisse valores máximos ao redor de 2,1 Ga, indicando origem relacionada com Ciclo Transamazônico. A idade de formação dos metassedimentos do Grupo de Itapira na região, atribuída ao Proterozóico Inferior, deve-se basicamente a determinações obtidas por Artur (1980) através de determinações K-Ar em micas (idades ao redor de 700 Ma) e de isócrona Rb/Sr em ortogneisses embutidos concordantemente com paragneisses e quartzitos da região de Itapira com idade de 2155 ± 28 Ma.

7.3.4. Formação Eleutério

A Formação Eleutério foi definida por Ebert (1971) e está localizada entre as cidades de Itapira (SP) e Jacutinga (MG), orientada segundo N60E, com comprimento de 16km e largura variável entre 0,3 a 1,3km. Está embutida tectonicamente ao longo da Zona de Cisalhamento Transcorrente Jacutinga (EBERT, 1971; RODRIGUES, 1976) e os estratos exibem mergulhos médios a altos com direção geral NE-ENE/SW-WSW paralela ou formando ângulos pequenos com a orientação da faixa. Seus contatos com o embasamento são tectônicos com discordância metamórfica (anfíbolito médio a alto no embasamento contra xisto verde baixo no Eleutério), e freqüente concordância estrutural, localmente quebrada por discordância angular, evidenciando o encaixe por falha (ZANARDO *et al.*, 1990). A NW faz contato tectônico com as litologias do batólito Pinhal, fortemente deformado, e a SE limita-se com a seqüência metassedimentar do grupo Itapira, também fortemente cisalhada. Estudos detalhados devem-se a Teixeira (1995).

Litologicamente são distinguidos três conjuntos: metarcósios localmente conglomeráticos; metassiltitos e metargilitos siltosos e metaconglomerados e metabrechas. As rochas mais grossas

e heterogêneas bem como os corpos mais espessos de metassiltitos e/ou metargilitos siltosos, aparecem na base da seqüência, sobrepostos aos conglomerados ou em contato direto (tectônico) com o grupo Itapira. Ocorrem associados aos arcósios e metaconglomerados sob três formas básicas: em camadas espessas; leitões, camadas ou lentes centimétricas ou como seixos angulosos a subarredondados (WERNICK e PENALVA, 1974; ARTUR, 1980)

Na borda ocidental (topo da seqüência) aparecem as seqüências mais espessas de metarcósios, raramente exibindo seixos maiores que 1cm, representando arenitos conglomeráticos e delgadas lâminas, lentes ou bancos de material siltoso e/ou argiloso. Freqüentemente forma matacões e aparece alterado em material quartzo-caulinítico esbranquiçado. Os metaconglomerados e metabrechas são de três tipos e mostram certa relação com a posição geográfica que ocupam dentro da Formação Eleutério, sendo: polimítico, ora com seus constituintes arredondados ora bem angulosos e com quantidades variadas, ou praticamente sem matriz; constituído por pequenos seixos predominantemente subarredondados de quartzo de veio, quartzitos, gnaisses e metargilitos, que atingem no máximo 5 cm na dimensão maior e o ultimo representado por concentrações locais de fragmentos angulosos a subangulosos, de metassiltitos e metargilitos, próximo das camadas e lentes dos metassiltitos e metargilitos siltosos, sendo que freqüentemente aparecem também seixos de quartzo, quartzito e gnaisses (WERNICK e PENALVA, 1974; ARTUR, 1980; ZANARDO, 1987)

Diversas interpretações foram propostas em relação a área fonte dos sedimentos da bacia Eleutério. Artur (1980; 1988), sugeriu que as áreas-fonte da bacia situaram-se a leste. Zanardo (1987) posicionou na base da bacia conglomerados polimíticos, situados a leste, sobrepostos, rumo a oeste, por arcóseos e pelitos. Zanardo *et al.* (1988) e Zanardo *et al.*, (1990) verificaram que a presença de extraclastos nos depósitos de granitos sub-vulcânicos, granófiros e de milonitos oriundos de quartzitos sugerem a existência de áreas-fonte situadas a sudeste e leste da bacia. Teixeira (1995) e Teixeira e Gaucher (2004), a partir da análise de paleocorrentes e da constituição dos litoclastos presentes nos depósitos, concluíram que o preenchimento da bacia ocorreu com a contribuição de detritos provenientes de áreas-fonte situadas a NW e SE da bacia.

Os conjuntos de fácies que constituem a Formação Eleutério foram depositados em bacias romboédricas (*pull apart*), resultantes da atuação das zonas de cisalhamento do Cinturão de Cisalhamento de Ouro Fino, ramificação do Cinturão de Atlântico, Paraíba do Sul ou Ribeirão. Em seus estágios iniciais, essas zonas eram dúcteis, reequilibrando paragêneses em fácies anfíbolito, e em suas progressões passam a ter comportamento rúptil-dúctil, gerando brechação e catalisando a formação de paragêneses de fácies xisto-verde. Os sedimentos foram depositados sobre rochas metamórficas de origem para ou ortoderivadas, metamorfozadas em fácies anfíbolito médio a alto, que constituem a Faixa Itapira/Amparo. O metamorfismo apresentado pelas rochas da faixa evidencia a presença de intensa erosão antes da deposição.

Esse metamorfismo provocou um zoneamento na porção oriental da bacia, onde ocorrem brechas e conglomerados, a formação de biotita verde e pistacita junto com clorita e muscovita fina, evidenciando que a temperatura atingiu valores da ordem de 300°C, ou pouco mais, possivelmente por ascensão de fluidos quentes ao longo de planos de falha (hidrotermalismo) (ZANARDO e OLIVEIRA, 1990 e ZANARDO, 2003). Na porção ocidental, ocupada por metarcósios, aparecem apenas sericita e carbonato, aspecto que, aliado às microestruturas, como dissolução por pressão e ausência de recuperação do quartzo, evidenciam que a temperatura não atingiu 290°C e possivelmente ficou abaixo de 270°C. Essas condições metamórficas, mesmo admitindo que houvesse hidrotermalismo, evidenciam que esta unidade sofreu erosão da ordem de 10 km. Assim, na atualidade, aflora apenas a raiz da bacia, que atingiu subsidência superior à 10 km (ZANARDO, 2003).

Segundo Teixeira (2000) a imaturidade textural e mineralógica dos sedimentos determinam condições deposicionais de clima árido com chuvas torrenciais e tectônicas sin-sedimentar. Evidenciam-se três ciclos transgressivo-regressivos que, da base (SE) para o topo (NW), sugerem granocrescência geral até predominarem condições francamente regressivas. Ocorre progradação de metarenitos conglomeráticos arcoseanos de rios entrelaçados, sucedidos por conglomerados arenosos das porções medianas e distais de leques aluviais. O sistema de leques aluviais se instala depois do estabelecimento das áreas fontes a SE, provocado pelo início do encurtamento da bacia, originando clivagem ardosiana e basculamento das camadas para NW. O acamamento reliquiar, atitude média de 65NW, concorda com a orientação da Zona de Cisalhamento de Jacutinga e é cortada por clivagem ardosiana de mergulhos subverticais a vertical para sul e direções concordantes com o acamamento. A deposição nesta bacia está associada a leques aluviais que distalmente passam a uma planície aluvial com rios entrelaçados que atingiam as regiões litorâneas onde se instalou um sistema deltaico de granulação grossa e com depósitos finos na região de prodelta. Os depósitos subaéreos eram retrabalhados pelo vento, evidenciado nas intercalações de arenitos bem selecionados laminados e, sobretudo, na presença de ventifactos nos pacotes psefíticos e psamíticos, relacionados com porções intermediárias de leques aluviais (TEIXEIRA, 1995; TEIXEIRA *et al.*, 1999).

7.4. Contexto Estrutural Regional

O quadro estrutural da área proposta nesse trabalho foi primeiramente esboçado por Ebert (1968) que definiu a faixa Paraibídes. Trabalhos posteriores de Fiori *et al.* (1978, apud CAMPANHA, 1983), Artur *et al.* (1979), Artur (1980), Campanha *et al.* (1983) enfatizaram uma evolução policíclica baseada em fases de dobramentos relacionados a ciclos tectônicos. Zanardo (1987) enfatizou a inconsistência dessa relação. Para Zanardo (1987), Hasui *et al.* (1988), dentre

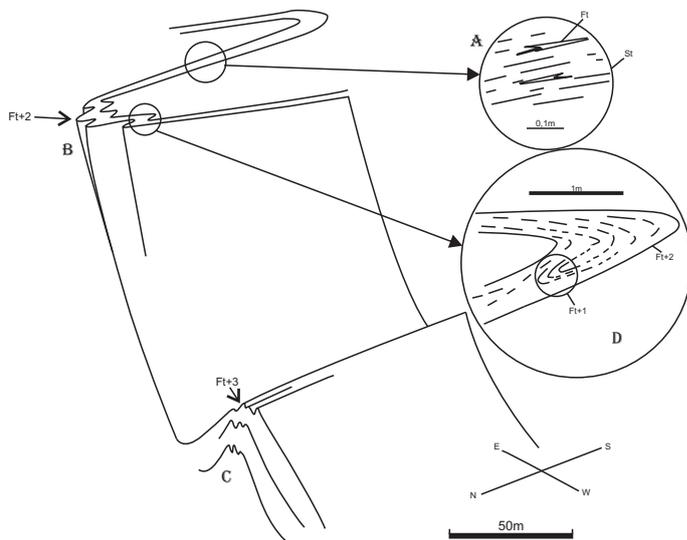
outros, a área situa-se no Bloco São Paulo, no modelo de colisão de blocos crustais com subducção do tipo A associadas.

Em termos gerais, a área de estudo engloba três grandes compartimentos estruturais: Blocos Pinhal, Jacutinga e Itapira. O bloco Pinhal apresenta orientação dos megacristais, foliação na matriz das rochas e xistosidade dos micaxistos com tendência geral aproximadamente NW, infletindo para ENE no falhamento de Jacutinga, com falhas menores e sistemas de juntas (CAMPANHA *et al.*, 1983).

O bloco Jacutinga de Campanha *et al.* (*op cit*) apresenta estruturação complexa, de modo geral marcada pela estruturação ENE, desenvolvida pela foliação milonítica e pela reorientação das estruturas maiores. Rodrigues (1976) reconhece a presença de dois lineamentos estruturais ao longo da zona de falhas, um mais importante, a nordeste, e outro, a noroeste. A espessura total da zona cataclásada pode atingir espessura de 3,5 km. A moagem das rochas foi intensa, gerando milonitos laminados, contudo, alguns núcleos de granito porfiroblásticos foram preservados. Pelas feições estruturais apresentadas pelos milonitos porfiroclásticos e porfiroblásticos, o autor estabeleceu idade relativa ao final do Ciclo Brasileiro.

No bloco Itapira, Campanha *et al.*, (1983) reconhecem seis fases de dobramento, relacionados com as fases apresentadas por Fiori (1979, apud CAMPANHA, 1983). Segundo esses autores, ocorre uma fase F_n de dobramentos evidenciada pela xistosidade bem desenvolvida e migmatização, a qual sofreu dobramentos cerrados a isoclinal intensa (fase F_t). Essa foliação de transposição, caracterizada por um bandamento composicional e xistosidade paralelizada, encontra-se completamente redobradas, em diversas escala mas, localmente, são identificadas até quatro fases sucessivas sobrepostas a F_t e dessas fases sobrepostas, àquela com direção NNE/SSW configura as maiores estruturas em escala de mapa. Em termos de estilo, dois grandes grupos são encontrados: dobras intrafoliais, com flancos estirados e transpostos; dobras não transposta e com flancos contínuos (CAMPANHA, 1983).

As dobras intrafoliais apresentam pequenas dimensões, cerradas a isoclinais, com ápice espessado e flancos estirados, em geral isolados em meio à intensa foliação adjacente. Essas dobras afetam o bandamento composicional. Podem-se distinguir dois grupos: 1a: afeta a xistosidade anterior e/ou neossomas, que evidenciam a existência de uma fase F_n de dobramento e migmatização anterior a transposição intensa (F_t); 1b: afetam apenas o bandamento composicional. As dobras não transpostas representam um complexo dobramento polifásico que atuou sobre foliação de transposição observável em todas as escalas. A figura 3 mostra as relações de sobreposição de dobramentos, conforme caso apresentado em (CAMPANHA *et al.*, 1983)



a) a estrutura que se encontra dobrada é uma foliação de transposição St, associada à bandamento composicional, alternâncias litológicas e xistosidade paralelizadas, com forte estiramento e dobras intrafoliais (fase Ft);

b) esta foliação St é afetada por dobras reclinadas (eixo paralelo ao mergulho do plano axial), relacionadas a fase Ft+2;

c) por sua vez estes estão redobrados por dobras normais (plano axial com mergulho alto e eixo com caimento baixo), relacionadas a fase Ft+3;

d) a fase Ft+1 afeta a foliação de transposição St, e é redobrada pela fase Ft+2

FIGURA 3 – Esquema ilustrando as relações de sobreposição de dobramentos (CAMPANHA, 1983)

A Formação Eleutério encontra-se embutida em seu embasamento no Bloco Jacutinga por falhas de rejeito oblíquo. Os metassedimentos mostram suas estruturas sedimentares praticamente intactas, mesmo ao nível microscópico. É também observável leve clivagem ardosiana, e eventualmente plano com estrias de atrito (espelhos de falha). Observa-se que a clivagem ardosiana assume atitudes em torno de E-W e ENE, verticais, enquanto que o acamamento apresenta atitudes variáveis (CAMPANHA, *et al.*, 1983).

8. GEOLOGIA LOCAL E ASSO CIAÇÕES LITOLÓGICAS

Os principais aspectos geológicos da área de estudo estão representados no mapa em anexo (Anexo 2), em escala de 1:50.000. De imediato, foram identificados quatro diferentes domínios litológicos correspondentes à gnaisses e migmatitos polifásicos diversos atribuídos ao Complexo Amparo (WERNICK, 1967), gnaisses de origem metavulcanossedimentar parcialmente migmatizados (EBERT, 1971), granitóides diversos atribuídos ao batólito Pinhal-Ipuiúna (CAMPANHA *et al.*, 1983), metassedimentos da Formação Eleutério (EBERT, *op cit*) e coberturas aluvionares. A separação minuciosa é dificultada devido à falta de afloramentos representativos e sem continuidade espacial, mas foi esboçada nesse trabalho baseado além de dados pré-existentes do acervo existente de trabalhos de mestrado (ARTUR, 1980; ZANARDO, 1987), coleta de novos dados e medidas estruturais, fotointerpretação, mapas aerogeofísicos e produtos de sensoriamento remoto. Cabe ressaltar que algumas unidades foram separadas por afinidades petrográficas e genéticas estabelecidas pelo autor. As principais unidades identificadas são apresentadas a seguir.

8.1. Unidades de Infraestrutura - Ortoderivadas

Baseado em critérios mineralógicos e correspondentes associações petrográficas, foram reconhecidas as seguintes associações litológicas integrantes da seqüência de infraestrutura:

8.1.1. Gnaisses graníticos megaporfíricos (ABGgP)

Essa unidade ocorre predominantemente na porção sudeste da área de estudo, com disposição geral NW-SE. Litologicamente os ortognaisses graníticos megaporfíricos representam o tipo petrográfico predominante, podendo, localmente, apresentarem variações no teor de biotita, com ou sem hornblenda, contendo intercalações de lentes pouco expressivas de biotita muscovita gnaiss, biotita xisto, anfíbolito maciço, biotititos e rochas ultramáficas (foto 1). Os ortognaisses graníticos apresentam estrutura bandada a listrado, localmente oftalmítico/ocelar, sendo que as intercalações se posicionam, no geral, concordantes com a foliação geral da área e com contatos tanto abruptos quanto transicional entre si. Também ocorrem pequenos veios de quartzo dispostos sob forma tanto concordantes quanto discordantes, este mais freqüente, com a foliação.

Apresenta a maior expressão espacial da área mapeada, exibindo contato tectônico por falha, com os biotita gnaisses e quartzitos a noroeste, gradacional para as lentes e corpos de unidades ortognáissicas migmatíticas, sendo tanto concordante quanto por falhamentos com as unidades metassedimentares a oeste.

Sua estruturação é predominantemente NW, com vergência para NE próximo a falha de Ouro Fino, localmente com dobras de arrasto de componente dextral. Os afloramentos dessa unidade são escassos e quando ocorrem, em geral, são blocos de dimensões variadas em drenagens ou corte de estradas onde predominam regolitos, em muitos casos com estruturas preservadas.



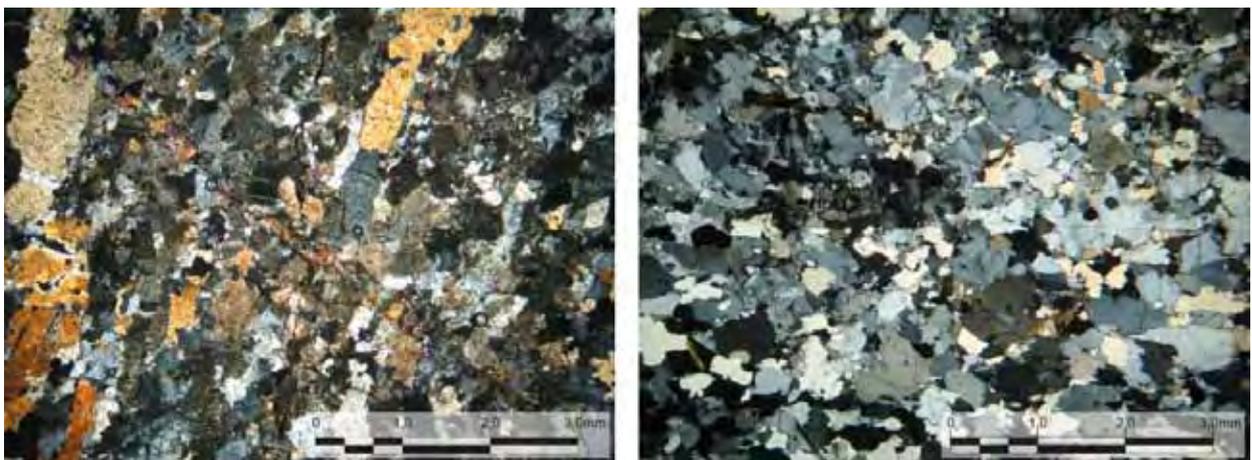
FOTO 1 - Gnaisses dos afloramentos 126 e 129.

8.1.1.1 Aspectos Petrográficos

Apresenta um bandamento gnáissico difuso a homogêneo, localmente fitado, de cor predominantemente cinza claro a rosado, definido por microleitos escuros enriquecidos em biotita e/ou hornblenda, com amplo domínio de delgados leitões ora rico em quartzo ora em feldspato, localmente porfiroblásticos, estirados e recristalizados, com variação na granulação entre os

leitos. Sua composição permite classificá-los como monzogranito a granodiorito, em alguns casos adentra o campo do quartzo monzodiorito.

Microscopicamente apresenta estrutura foliada a xistosa, textura granolepidoblástica de granulação média, com evidências de transposição. A mineralogia básica está representada por plagioclásio, microclínio, quartzo, biotita, podendo ou não conter hornblenda. O plagioclásio (oligoclásio até andesina sódica) como cristais tabulares com dimensões em torno de 5mm, com contatos lobulados a arredondados, normalmente com contornos corroídos ou com bordas de albita quando em contato com o feldspato potássico, além de mirmequitas, sendo comuns inclusões de grãos de quartzo. Em geral são geminados, com leve extinção ondulante e freqüentemente está alterado para sericita e epidoto, principalmente nas interfaces mineral ou em planos de fratura e de forma salpicada no seu interior. O microclínio apresenta dimensões inferiores a do plagioclásio, mal geminado, com extinção ondulante e em geral pertíticos, com contatos retos com o quartzo e lobulado com o plagioclásio e estrutura de equilíbrio, no qual foi submetido a incipiente processos de recristalização. O quartzo ocorre como cristais sub-milimétricos, arredondados e isolados ou como agregados policristalinos (fotomicrografia 1). Seus contatos são predominantemente retos, com boa recristalização e recuperação, com indícios de crescimento granular. A porcentagem de biotita é variável de 3% a 15%, com cristais lamelares isorientados exibindo contatos de recristalização, feições de “*kink bands*”, fortemente corroídos por minerais acessórios e, em alguns casos, alteram-se fortemente para clorita. Em algumas amostras ainda estão preservados restos de hornblenda, associado à biotita. Como acessórios ocorrem zircão, titanita, apatita e allanita.



FOTOMICROGRAFIA 1 – Aspectos microscópicos dos ortognaisses (aflor. 57 e AL 617).

8.1.2. Gnaisses graníticos e granodioríticos com estruturas migmatíticas (ABGgM)

Essa unidade está associada à descrita anteriormente, separa em mapa apenas como uma lente na porção leste da área de estudo, estirado segundo ENE/WSW. Ocorrem gnaisses graníticos e granodioríticos, homogêneos e bandados, por vezes porfiroclástico e localmente com estruturas migmatíticas dobradas e estromatolítica preservadas (foto 2). Apresentam intercalações

de biotita e/ou hornblenda xistos, de pequena espessura, intercalados concordante a foliação, bem como de lentes de anfíbolitos, localmente discordantes à foliação. Seus contatos com a unidade previamente descrita (ABGgP) é gradacional e tectônico com a paraderivadas a noroeste, separados pela falha de Ouro-Fino. Sua estruturação varia de ENE próximo a zona de falha e NNW a sul.



FOTO 2 – Migmatitos cisalhado e com dobra – Afloramento 127

8.1.2.1 Aspectos Petrográficos

Foram poucas as amostras e afloramentos analisados para caracterizar essa unidade, diferenciado da anterior pela estrutura de migmatito, bandada, estromática ou dobrada, com predomínio da primeira. Consiste de uma rocha de cor cinza, com estrutura gnaissificada, ocelar, localmente com bandamento difuso, dado pela alternância de leitos ricos em biotita e hornblenda, com xistosidade bem desenvolvida e pequenas dobras intrafoliais. O neossoma apresenta pequenas porcentagens de máficos, bem foliado, configurando dobras abertas com plano axial paralelo a foliação predominante da área.

A composição global e aspectos microscópicos são semelhantes da unidade anterior, que permite classificar a porção neossomática como granítica (sienogranito a monzogranito) até granodiorítica e a componente paleossomática tonalítica a quartzo monzonítica. Algumas amostras apresentam textura cataclástica, próxima a zona de falha, além de transposição da foliação, recristalização e recuperação, mais evidente nos cristais de quartzo, indícios de uma evolução complexa e polifásica dessa unidade. A porcentagem de biotita nessas rochas é inferior e mais constante, inferior a 5%, freqüentemente cloritizada além de clorita e epidoto neoformados, predominantemente nos planos de fraqueza. A hornblenda ocorre com mais freqüência e raramente diopsídio e granada, que juntamente com o zircão, apatita, titanita, allanita e opacos, são tidos como acessórios. Em relação aos neoformados, são vistos clorita, epidoto, sericita e leucoxênio.

8.1.3. Biotita/hornblenda gnaisses migmatizados e migmatitos gnáissificados (ABHgM)

Essa unidade aflora como um corpo lenticular de direção NE-SW no centro da área de estudo, próximo ao vilarejo de Sapucaí, com contato tectônico com as paraderivadas e gradacional com os gnaisses graníticos da infra-estrutura. Outro corpo dessa unidade foi diferenciado a sul da área, com contato que configura uma dobra em relação à encaixante. Encaixado na para-sequência, aflora uma pequena janela com contato interpretado por dobramentos, contudo, sua relação com a encaixante é duvidosa. São característicos dessa unidade biotita e/ou hornblenda gnaisses migmatizados e migmatitos gnáissificados, localmente milonitizados, estruturas bandadas, dobradas, estromáticas, oftalmíticas ou ptigmáticas e transicionais (foto 3). Subordinadamente apresenta lentes de biotita xistos de pequenas dimensões, inseridos concordantes com a foliação geral e contatos bruscos, raros anfibolitos e rochas ultramáficas. Foram encontradas algumas ocorrências de metassedimentos arcoseanos, não separados na escala de mapa. As áreas de exposição desses litotipos são freqüentes, mas em geral, constitui-se do regolito com estruturas preservadas. Um bom exemplo é o afloramento 22, na estrada Itapira - Jacutinga, próximo a entrada do vilarejo de Sapucaí. O referido afloramento foi datado por Artur (1980) pelos métodos K-Ar e Rb-Sr, a ser discutido no item 8.1.5. Outra boa exposição é do afloramento 127, no corpo a sul, com estrutura de ultramilonito, alternado para feições oftalmítica, em camadas métricas a decimétricas.

A estruturação geral que ocorre nessa unidade é predominantemente NW, que no corpo maior sofre uma inflexão para NE/SW na altura da falha de Ouro Fino, gerando dobras de grande escala.



FOTO 3: Estruturas migmatíticas dobradas – Aflor. 22 e 148.

8.1.3.1 Aspectos petrográficos

De modo geral, são rochas com estrutura gnáissificada, de cor cinza escuro com leitões esbranquiçadas quartzo-feldspáticos e contatos difusos, de aspecto mesocráticos. São comuns feições migmatíticas tipo bandada, dobrada ou estromática, localmente ocelar, com leitões

neossomáticos bem definidos definindo dobras intra-foliais com ápice espaçado (similar), de aspecto levemente rosado, com textura granolepidoblástica de granulação média.

A composição do leucossoma varia de monzogranito a granodiorito enquanto o paleossoma é predominantemente tonalítico a quartzo monzodiorítico. O plagioclásio corresponde ao oligoclásio, de grã média, com contatos irregulares a interlobados, de contornos corroídos pelo microclínio e quartzo, com pequenas inclusões em seu interior e, no geral, bem geminados. Quando ocorrem no paleossoma, são mais estirados e com melhor textura de equilíbrio que seu correspondente leucossomático. O microclínio apresenta dimensões em torno de 1,5 mm, pertíticos na forma de fios, com extinção ondulante, boa recuperação e incipiente recristalização, com contornos irregulares e corroendo o plagioclásio, onde são comuns feições mirmequíticas. Na fração do paleossoma, esse mineral ocorre apenas de forma intersticial. A biotita é mais comum no paleossoma (20%) que no leucossoma (3%), raramente maiores que 1mm, com formas tabulares, dispostos em agregados orientados segundo a foliação, levemente anastomosada, mas com feições de transposição. Apresenta bordas com leucoxênio e planos de recristalização mais cloritizados, onde os mais afetados apresenta rutilo. Como acessórios, ocorrem apatita, allanita, zircões arredondados com bordas de crescimento e opacos. Os secundários são predominantemente leucoxênio, epidoto, carbonatos, sericita e cloritas, em geral, menor que 1%.

8.1.4. Biotita e/ou hornblenda gnaisse localmente migmatizado, associado a gnaisse anfibolítico (ABHgAM)

Essa litologia ocorre de forma discreta em vários locais, destacando-se um corpo alongado segundo NE, de contatos transicionais limitados por dobras na porção extremo sudeste da área; como pequenas ocorrências associado a unidade BHgM na região centro-leste da área de estudos; uma pequena lente limitado por falhas, na região oeste da área, próximo a rodovia Itapira-Jacutinga, e uma lente associado a unidade ABGgM, a oeste. Corresponde à biotita e/ou hornblenda gnaisses, associados a gnaisse anfibolítico, localmente migmatizado com estrutura estromatítica, bandada a dobrada, com dobras intra-foliais de ápice espaçado e localmente com estrutura milonítica e pequenas zonas de cisalhamento de alta temperatura (Foto 4). A foliação geral dessa unidade é pós o auge metamórfico, evidenciado pela transposição das estruturas no qual o bandamento é produto da fusão. Essa unidade difere da anterior pela maior quantidade de anfibólio e com predomínio do paleossoma sobre o neossoma, mas petrograficamente semelhante. A estruturação no corpo maior é muito variável, de NE para NW, configurando dobras abertas, interpretadas apenas em escala de mapa. Não são boas as exposições dessa unidade, com ressalva para o afloramento 3, que consiste de uma pedreira abandonada de brita. Uma boa exposição dessa unidade aflora na saída sul de Jacutinga (afloramento 121).



FOTO 4 – Migmatitos com intercalação de lente anfibolítica do afloramento 121

8.1.4.1 Aspectos petrográficos

Consiste de uma rocha de coloração cinza escuro e alternância de leitos claros neossômicos de espessura variável, no geral mesocrático, muito semelhante à unidade anterior (ABHgM), com mais exposição de anfibolito. Composicionalmente, o leucossoma é classificado como tonalito, com algumas amostras classificadas como monzogranito tendendo a granodiorito. A composição da porção paleossomática é tonalítica e subordinadamente quartzo diorítica, que permite inferir uma origem magmática bimodal intermediária a básica que, quando submetido ao metamorfismo de alto grau e anatexia, gerou anfibolitos e as porções leucossomáticas são providas do material intermediário. Mineralogicamente difere-se pela ocorrência de granadas em pequenas porcentagens e muscovita secundária, ambas com teor em média de 1%.

8.1.5. Dados Geocronológicos e Processos Petrogenéticos

Os quatro grupos de rochas descritas foram interpretados como pertencentes ao Complexo Amparo. A variação composicional das porções paleossomáticas de composição inicial tonalítica, evoluindo para até monzogranítica indica uma evolução polifásica, de material inicial pouco evoluído. Feições microtexturais e microestruturais sugerem que essas rochas foram submetidas a um processo de anatexia que produziu migmatitos tonalíticos, seguido de em um evento metamórfico regional progressivo, que transpôs a foliação inicial, com nova migmatização, interpretada pela presença de material intersticial em regime tectônico e novo regime retro-metamórfico. Essas interpretações são generalizadas para essas unidades e apoiadas na literatura e obviamente afetaram as rochas de formas diferentes. O afloramento 22 corresponde ao único afloramento com datações Rb/Sr e K/Ar disponíveis na literatura para a área de estudo (ARTUR, 1980), respectivamente com isócrona de 2.230 ± 39 Ma (Paleoproterozóico) para leucossoma de migmatito e idade K-Ar em biotita de 605 ± 7 Ma relacionável ao Ciclo Orogênico Brasileiro. Essa idade representaria um rejuvenescimento isotópico parcial de rochas mais antigas durante o ciclo Transamazônico, a partir de material com vida crustal anterior, argumentado pela razão

inicial $\text{Sr}^{86}/\text{Sr}^{87}$ de $0,7080 \pm 0,0007$. Essa interpretação está condizente com as idades e evolução disponíveis na literatura para o Complexo Amparo, entre 2,9 Ga. e 3,2 Ga., pelos métodos Rb/Sr, U/Pb e Pb/Pb, segundo Hasui e Oliveira (1984), Artur (1988), Fetter *et al.*, 2001, dentre outros.

8.2. Unidades Supracrustais – Paraderivadas

As associações litológicas atribuídas como supracrustais estão basicamente representadas por paragnaisses, quartzitos vários, desde puros a muscovíticos mais ou menos feldspáticos, e por intercalações menores de micaxistos e anfíbolitos pertencentes ao Grupo Itapira, abaixo caracterizadas.

8.2.1. Biotita/hornblenda gnaiss com intercalações de muscovita quartzito feldspático (IBHgQ e IBgQ)

Essa unidade é a mais comum e com maior expressão espacial na área de estudo. Constitui espessa faixa arqueada com direção aproximadamente N-S na porção sudoeste da área e que inflete para ENE/WSW a medida que se aproxima da Zona de Cisalhamento de Jacutinga. Exibe contatos concordantes com a unidade (ABGgP), a leste, e contato através da falha de Ouro Fino com a unidade paraderivada, a noroeste. Além desta ocorrência maior, se manifesta, ainda, como delgada lente estirada segundo NNW na porção sudeste da área, delimitada por contatos tanto tectônicos quanto brusco, de forma concordante, com os gnaisses ortoderivados.

Os limites da unidade litológica representada pelo “Muscovita Quartzito Feldspático - (IBgQ)” foram, em parte, estabelecidos através de critérios foto-interpretativos, embasado, ainda, em dados de descrições de afloramentos e petrográficos constantes do acervo da litoteca do DPM/IGCE.

Esta unidade litológica é composta predominantemente por biotita e/ou hornblenda gnaisses com ou sem granada, com intercalações de lentes decimétricas de muscovita quartzitos feldspáticos, além de intercalações menores de biotita-anfíbolito xistos e anfíbolitos. Apresenta estrutura foliada, com estrutura gnaissificada a xistosa definida pelo nítido estiramento mineral, de coloração cinza claro a amarelada nas frações quartzosas. As lentes xistosas são de pequenas dimensões, com contato brusco com suas encaixantes (foto 5). Essa unidade não tem boas exposições, com ressalva para as lentes quartzíticas que se destacam frente ao regolito. Apresenta estruturação complexa, melhor abordada no capítulo 9.3.

8.2.1.1 Aspectos Petrográficos

Os paragnaisses encontram-se quase sempre intemperizados, com espessos mantos de solo, não tendo sido observado nenhuma ocorrência de rochas totalmente sãs. Foram encontrados afloramentos de paragnaisses parcialmente preservados, ocasiões que apresentam colorações acinzentadas com tonalidades amareladas a esbranquiçadas.



FOTO 5 – Lente de anfibolito boudinado e cisalhado em arcabouço de quartzito (afloramento1)

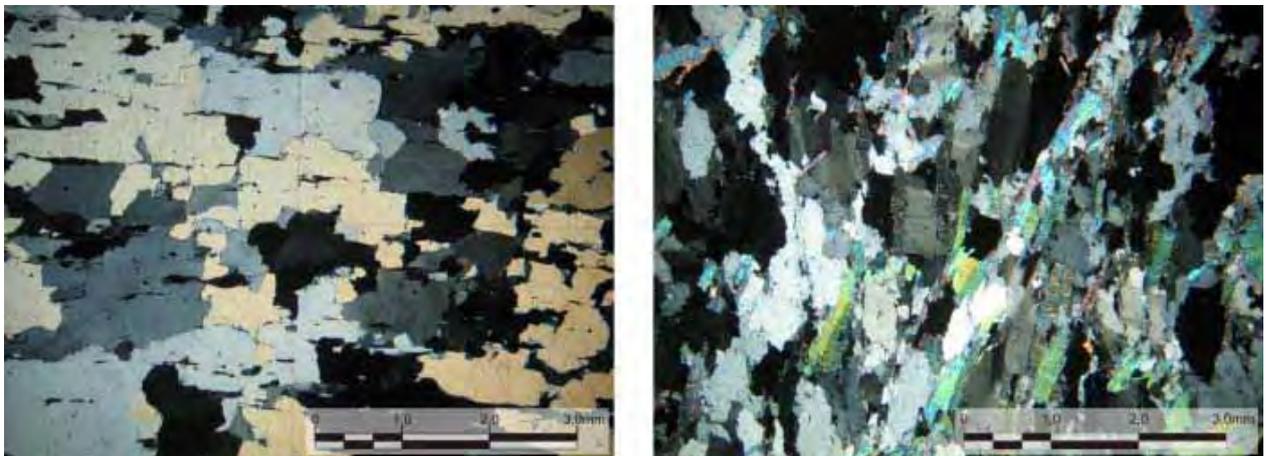
Em afloramento apresentam microlentes de até 1cm de espessura ricas em biotita e/ou hornblenda, de aspecto foliado, gnaissificado, de cor amarelo ocre a esbranquiçada. A textura das porções quartzo-feldspáticas é granoblástica, por vezes granolepdoblástica, de granulação média e evidências de deformação e recristalização.

A composição global varia nos campos do sienogranito, granodiorito a tonalito. É composto predominantemente por quartzo, feldspatos e biotitas como minerais essenciais. O quartzo ocorre em teores variando de 30% a 35%, e de até 80% em lentes mais quartzíticas impuras. O quartzo exibe dimensões predominantes entre 1mm e 3mm, sob forma de grãos inequidimensionais, ou como agregados cristalinos centimétricos, fortemente deformados, estirados segundo a foliação da rocha, com extinção ondulante e recristalização/recuperação localizada (fotomicrografia 2). O microclínio apresenta teores médios de 40% ou menos, pouco maiores que o quartzo, bem geminados, corroendo ou não o plagioclásio, com bordas de albite e localmente mirmequíticas, com efeitos de deformação e recristalização. O plagioclásio presente corresponde a oligoclásio cálcico a andesina sódica com teores de 30% até 50% nos termos mais anfibolíticos; seus contatos são lobulados corroídos pelo microclínio. Algumas amostras provindas dessa unidade contêm hornblenda, em teores variáveis, podendo atingir até 40%, materiais estes considerados como microleitos ou microbandas para-anfibolíticas ou metabásicas estiradas e interdigitadas no interior dos paragneisses durante o metamorfismo dinamotermal. A biotita é verde ou marrom, submilimétrica com teores variáveis de 5% a 10%, parcialmente cloritizada ou parcialmente muscovitizada. Como acessórios ocorrem granada e apatita, além de tremolita-actinolita e clinozoizita como efeitos retrometamórficos.

Os estratos e lentes quartzíticas bastante freqüentes apresentam estruturas orientadas, texturas granoblásticas, cuja composição mineralógica é dada basicamente por quartzo com

rápidas variações laterais mais ou menos enriquecidas em muscovita e/ou feldspatos. O quartzo exibe dimensões predominantes entre 1mm e 3mm, sob forma de grãos inequidimensionais, ou como agregados cristalinos centimétricos, fortemente deformados, estirados segundo a foliação da rocha, com extinção ondulante e recristalização/recuperação localizada (fotomicrografia 2).

As lentes anfibolíticas são pouco expressivas, submétricas a poucos metros de espessuras, normalmente estiradas e/ou boudinadas, e apresentam estruturas foliadas a xistosas com texturas nematoblásticas. São constituídas por hornblenda e plagioclásio (andesina), podendo conter diopsídio (desde traços a cerca de 5%), mais ou menos transformados para hornblenda. Como acessórios apresenta opacos, apatita e titanita, e minerais secundários como biotita, clorita, tremolita-actinolita, epidotos e carbonatos.



FOTOMICROGRAFIA 2 – Feições microscópicas do muscovita quartzito (afloramento AL592 e ACAIT 312)

8.2.2. Muscovita quartzito feldspático (IMQF)

Essa litologia se manifesta na forma de lentes com espessuras desde decimétricas a decamétricas encaixadas na unidade IBHgQ, orientadas segundo NNE/SSW e NNW/SSE, que se manifesta no relevo como serras e alinhamentos de relevos nítidos. Ocorre também como leitões proeminentes na unidade descrita anteriormente, mas com espessuras que variam de 5 a 10m, não individualizadas na escala mapeada. Associam-se a lentes centimétricas a métricas de anfíbolios e/ou biotita xistos e de anfíbolitos, com contatos exclusivamente transicionais com as encaixantes. Os melhores afloramentos do domínio das paraderivadas provêm dessa unidade e praticamente responsável pela caracterização estrutural do referido domínio, a exemplo dos afloramentos 122, 131 e 1, uma pedreira ativa de cascalho. Nesse afloramento ocorre um grande veio de anfíbolito com cerca de 5m de espessura, boudinado, associado a falhas e dobras isoclinais inclinadas, com caimento sub-vertical.

8.2.2.1 Aspectos Petrográficos

Esse litotipo tem cores claras esbranquiçadas a amareladas, de aspecto homogêneo a foliado paralelo ao bandamento composicional. A textura é granolepdoblástica a xistosa de granulação variável desde fina a média, localmente de aspecto cataclasado

A composição mineralógica é simples, praticamente quartzo (60% a 80%), muscovita (5% a 10%) e feldspato potássico (15% a 25%), em geral caulinizado, podendo gradar para verdadeiros meta-arcóseos. Como acessórios, ocorre o zircão e opacos. O quartzo tem formas irregulares, com contatos serrilhados, penetrativos a lobulados, com extinção ondulante associado à boa recristalização e recuperação. Em alguns casos, exibe contato de equilíbrio poligonalizados. A muscovita apresenta-se estiradas concordantes a foliação, com feições de “*mica-fish*” e “*kink-bands*”, com aspecto anastomosado e definindo foliações “S” e “C” e se truncam com bordas retas, com indícios de boa recristalização e altera-se moderadamente para clorita, principalmente nos planos de clivagem e fraturas. O feldspato ocorre como pequenos cristais arredondados a estirados, fortemente deformados e praticamente alterados para caulim, subordinadamente epidoto.

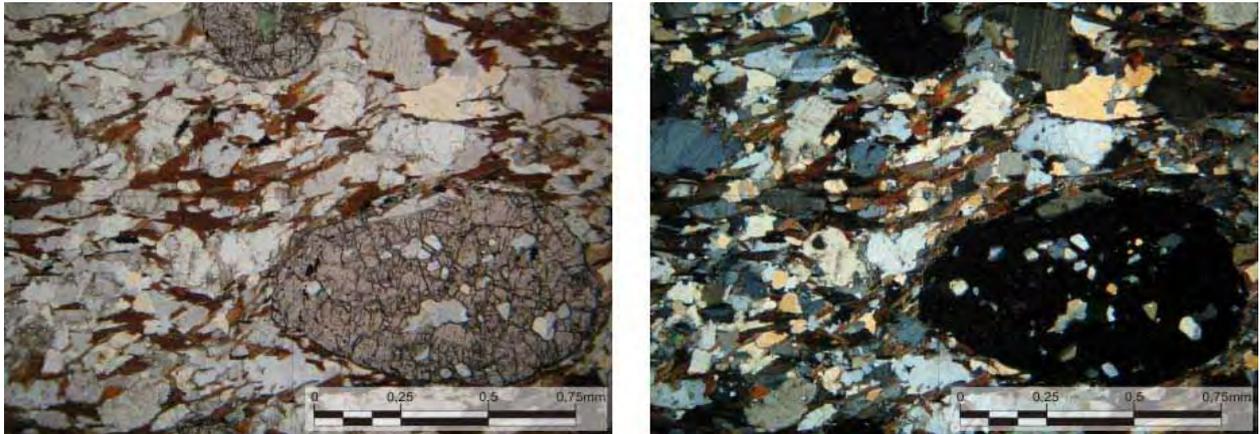
8.2.3. Biotita gnaissé com granada com intercalações de gnaissé granítico homogêneo, localmente com estruturas migmatíticas (IBHgGM)

Essa unidade ocorre como um corpo arredondado em contato tanto com a Formação Eleutério quanto com os granitos do Batólito Pinhal, nesses casos, com contatos exclusivamente tectônicos. Duas outras lentes estiradas segundo ENE foram individualizadas, ambas delimitadas pelas as falhas de Jacutinga e Ouro-Fino. Com as encaixantes paraderivadas, seus contatos são transicionais. A litologia principal apresenta estrutura gnáissica, foliada, com termos porfiroblásticos e localmente apresenta estrutura migmatítica oftalmítica a estromatolítica. Essa unidade está pouco caracterizada, com poucos afloramentos representativos, com ressalva do afloramento 86. As duas lentes estiradas foram diferenciadas baseadas em critérios fotolitológicos, análise de material de acervo e proximidade com as zonas de falhas, que afetou mais intensamente essas unidades.

8.2.3.1 Aspectos Petrográficos

Composicionalmente, o biotita gnaissé com granada é similar ao biotita gnaissé da unidade IBHgQ, sendo que estruturalmente adquire um aspecto mais gnaissificado, estirado, com estruturas migmatíticas estromáticas preservadas, com remobilizados quartzo-feldspáticos centimétricos imersos em matriz de coloração escura, mesocrática. Contém com porfiroblastos oclares de granada (fotomicrografia 3). Apresenta boas feições de recristalização, recuperação e transposição da foliação. Já o gnaissé granítico apresenta composição que varia de sienogranito a

monzogranito, semelhante aquele descrito da unidade ABGgP, com maiores teores de biotita e com raros minerais máficos.



FOTOMICROGRAFIA 3 – Seção delgada a nicóis paralelos e cruzados (afloramento AL 404)

8.2.4. Muscovita quartzitos associados a quartzos xistos aluminosos e gnaisses feldspáticos (QBgx)

Essa unidade ocorre como um corpo alongado segundo ENE no limite sudeste e nordeste da Formação Eleutério e do batólito Pinhal, a norte da cidade de Jacutinga. Outro corpo foi posicionado ao norte da bacia, paralelo a esta e limitado por falhas, mas de modo especulativo, baseado por análise de foto-aérea e por um afloramento no extremo norte, pois não foi visitado com mais detalhe essa região e não há disponível material de acervo para essa região. Apresenta como litologia principal muscovita quartzitos podendo conter algum teor de feldspato e intercalado em paragneisses arcoseanos, quartzos xistos, biotita hornblenda xistos com granada. A porção ao norte da cidade de Jacutinga assemelha-se com a unidade adjacente a sul (IBHgQ), mas com composição mais arcoseana e aluminosa, comparativamente pobre em minerais máficos que poderia ser individualizada como uma nova unidade, mas os autores desse trabalho agruparam pela continuidade e feições estruturais. A estruturação geral é NE/SW e seus contatos são predominantemente tectônicos por falhas com domínios diferentes e transicional com unidades dos mesmos domínios. Apresenta bons afloramentos, a exemplo do afloramento 84 e 33, uma pedreira abandonada com grande área de exposição. Os limites da zona de cisalhamento de Jacutinga foram extrapolados incluindo parte dessa unidade devida a alguns aspectos texturais de cataclase e milonitização apresentado pelo quartzito.

8.2.4.1 Aspectos Petrográficos

As melhores exposições são exclusivamente das lentes de quartzitos, de colorações amarelado acinzentados a esbranquiçados, de aspecto vítreo, com estrutura foliada a gnaissificada, localmente maciça, em meio a espessos pacotes de regolitos avermelhados que ainda tem estruturas e bandamentos visíveis. Os termos menos alterados apresenta cor cinza claro

intercalado com lentes de até 1cm de material cinza a esverdeado. Microscopicamente apresenta textura granoleptoblástica inequigranular com concentrações quartzo-feldspáticos em agregados policristalinos. A composição global dos gnaisses situa-se desde o limite entre sienomonzogranito até granodiorito. Os aspectos mineralógicos e microestruturais são muito semelhante àqueles descritos para a unidade IBHgQ, com ressalvas para os teores de microclínio e plagioclásio, que localmente atinge composição de labradorita. Com acessórios, ocorrem granada, biotita, zircão e titanita, sendo raras as inclusões de hornblenda e diopsídio, indicando tendência calcissilicática e grau metamórfico elevado.

8.2.5. Dados Geocronológicos e Seqüência Depositional

As cinco unidades descritas são interpretadas como pertencente ao Grupo Itapira (EBERT, 1971), de origem metavulcanosedimentar em ambiente de plataforma marinha, cujo preenchimento foi progradante da bacia retro-arco em estágio compressional e submetido a esporádicos episódios turbidíticos (CAMPOS NETO, 1991). A seqüência deposicional tem natureza arco-seana a pelítica e grauvaquicea com intercalações de sedimentos clastos químicos carbonáticos e manganésíferos, associado a vulcanismo de magmas básicos hipoabissais e efusivos evidenciado pelas associações máficas e calcossilicáticas encontradas na área. Os gnaisses foram originados a partir de grauvacas vulcanoclásticas de composição ácida-intermediária e afinidade calcialcalina e com base em química de elementos maiores e menores (JANASI, 1999) como de ambiente de margem ativa, depositado sobre o Complexo Amparo e submetido a diversas fases deformacionais.

Dados geocronológicos pelo método K-Ar em minerais (micas e feldspatos) efetuadas por Artur (1980) na região de Itapira forneceram idades concentradas no intervalo de 530 e 700 Ma, sendo esta última em muscovita de muscovita quartzito; além de uma idade de 1.103 ± 20 Ma em hornblenda de um anfibolito intercalado nos paragnaisses do Grupo Itapira. Ainda, Artur (1980) obteve uma isócrona Rb/Sr de referência a partir de gnaisses considerados como integrantes dos metassedimentos, logo ao sul da área estudada, com idade de 1.140 ± 88 Ma. Este valor, mais os de 700 ± 8 Ma em muscovita e de 1.103 ± 20 Ma em anfibólio, levaram Artur (*op. cit.*) a considerar o Grupo Itapira como sendo gerado durante o Paleoproterozóico.

8.3. Rochas magmáticas plutônicas (Complexo Granítico Pinhal - Ipuíúna)

As rochas magmáticas plutônicas se referem ao Complexo Granítico Pinhal - Ipuíúna (WERNICK E PENALVA, 1974; HADDAD, 1995) e ocupa a maior extensão do bloco ao norte da Zona de Cisalhamento Jacutinga. O limite sul dos granitóides com as rochas metamórficas do Complexo Amparo e Grupo Itapira, ao sul, é determinado pela falha de Jacutinga, sendo que na

porção sul-sudeste encontra-se imediatamente em contato com a Formação Eleutério que ocorre embutida em calha tectônica.

As variedades petrográficas estão representadas por granitos megaporfiríticos, amplamente predominantes, e granitos equigranulares, com variações em termos texturais, estruturais e colorações, sendo que os afetados pela zona de cisalhamento encontram-se fortemente milonitizados e cataclasados.

8.3.1. Granitos megaporfiríticos (PGM)

Ocupam a maior extensão do bloco ao norte da zona de cisalhamento Jacutinga, onde constitui um corpo estirado segundo ENE, adentrando a faixa milonitizada da zona de cisalhamento até a altura da bacia dos metassedimentos da Formação Eleutério, localizada no extremo sul da referida zona milonítica. Esta unidade agregada rochas megaporfiríticas a porfiríticas, do tipo serial ou não, com megacristais de coloração rosada imersos em matriz de cor cinza escuro, localmente com tons roxo, amarelado ou avermelhado. Em seu interior alojam-se intrusões de granitos equigranulares, bem como porções lenticularizadas de gnaisses graníticos, quartzo xisto arcoseanos, quartzitos, rochas de natureza calcissilicáticas, raras ocorrências ultramáficas e veios pegmatíticos. Exibe estruturação geral paralela à zona de cisalhamento, com grandes alinhamentos de relevo e falhamentos e seus contatos são tanto tectônicos (Fm. Eleutério) quanto abruptos (com os granitos equigranulares). Todo o conjunto granítico da área de estudo exhibe bons afloramentos, destacando-se, entretanto, que na maioria das vezes constituem matacões dispersos nas encostas dos morros ou em drenagens, não representativos para determinações estruturais. Bons afloramentos são representados pelos afloramentos 70, 75 e 110 (Usina Salto do Pinhal)

8.3.1.1 Aspectos Petrográficos

De forma geral, os tipos petrográficos dessa unidade apresentam composição global monzongranítica, subordinadamente sienogranítica e granodiorítica. São megaporfiríticas serial de coloração cinza escuro com tonalidades rosadas e presença de pontuações azuladas. Apresentam estrutura geral orientada, bem foliada a homogênea, ocellares, dos tipos *augens* ou *flaser*, com concentrações de megacristais róseos, seriados, heterogeneamente distribuídos em matriz cinza escura de granulação fina-média a média (foto 6). Os megacristais de microclínio constituem 25% a 30% da rocha, com dimensões que oscilam desde a granulação da matriz a até aproximadamente 2,5cm. Exibem formas ovaladas e estiradas, predominantemente de coloração rósea clara a amarelado/esbranquiçado quando alterados. A matriz é inequigranular de granulação fina a média, localmente exibindo aspectos protomiloníticos, miloníticos e blastomiloníticos, interpretados como gerados na primeira fase de deformação, pois pode ter feições cataclásticas, que brecha a foliação milonítica anterior; contudo algumas amostras apresentam cataclases

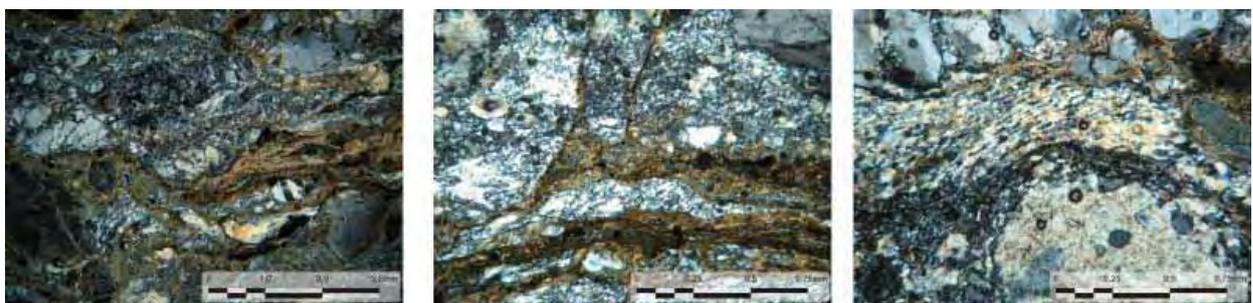
primárias. São freqüentes na matriz pequenas concentrações lineares de minerais máficos, da ordem de 2,0 a 5,0 mm, compostas principalmente por biotita e alguma hornblenda.



FOTO 6 - Aspectos macroscópicos dos granitos megaporfíricos milonitizados (pts. 18, 77 e 70)

Microscopicamente a matriz dos granitóides megaporfíricos exibem texturas que variam de fanerítica média a grossa, inequigranulares, a deformadas dadas por relativas e intensas microgranulações que resultam em uma foliação definida por concentrações de cristais de quartzo microcristalinos anastomosados em volta de megacristais de feldspatos potássicos. O feldspato potássico (microclínio) raramente ocorre na matriz, sendo que as bordas dos megacristais exibem, com certa freqüência, feições mirmequíticas. Os contatos dos megacristais com os demais minerais são retilíneos a irregulares, caso mais freqüente, além de serrilhados nas faixas quartzo-feldspáticas microgranuladas. É bem geminado, com intercrescimento pertítico em lentes, localmente com mirmequitas. Apresenta bordas corroídas, sem feições proeminentes de recristalização, com freqüentes inclusões de quartzo e altera-se para sericita e epidoto, crescidos preferencialmente em planos de fratura. O quartzo ocorre tanto na forma de agregados microgranulares, locando-se em faixas contínuas nos interstícios entre megacristais de feldspato potássico, pouco comuns como cristais isolados bem desenvolvidos, com extinção ondulante e efeitos de recristalização. Os contatos são geralmente lobulados a retos, com característica extinção ondulante e raras inclusões de apatita e zircão. O plagioclásio é o mineral predominante

na matriz, exibe cristais com formas subeudrais/ovaladas e dimensões desde submilimétricas (em faixas microgranulares associado ao quartzo) a cerca de 3,0 cm, com predomínio de grãos ao redor de 1,0 mm. Corresponde ao oligoclásio, com germinação Carlsbad e Albita combinadas. Apresenta contatos serrilhados bem engrenados. A biotita ocorre com certa frequência e associada a hornblenda, zircão e minerais opacos, ripiformes e disformes, com dimensões da ordem de 1,0 mm, distribuída caoticamente pela rocha, preferencialmente constituindo concentrações lineares descontínuas ao longo dos contornos dos megacristais de feldspato potássico. Como acessórios ocorrem zircão, apatita, titanita, allanita e opacos, sendo os secundários a clorita, sericita, epidoto, leucoxênio e raramente calcita.



FOTOMICROGRAFIA 4 - Aspectos microscópicos dos granitos milonitizados; afloramentos 103 (duas primeiras fotomicrografias) e 103.

8.3.2. Granitos equigranulares (PGE)

Essa unidade ocorre na porção noroeste da área de estudo, exibindo contatos intrusivos com os granitos megaporfíricos disposta paralelamente à zona de cisalhamento Jacutinga.

As rochas associadas e estruturação muito se assemelham à unidade PGM, separadas em mapa pelo predomínio dos termos equigranulares em relação aos granitóides megaporfíricos. Bons afloramentos são encontrados às margens do Rio Moji Guaçu e próximos à Usina Eloy Chaves. De forma geral, os tipos petrográficos dessa unidade apresentam composição global monzongranítica, subordinadamente sienogranítica e granodiorítica. São equigranulares de coloração cinza escuro com tonalidades rosadas e presença de pontuações azuladas

Microscopicamente a matriz exibe textura que variam de fanerítica média a grossa, equigranulares, a deformadas dadas por relativas e intensas microgranulações que resultam em uma foliação definida por concentrações de cristais de quartzo microcristalinos. Em relação aos aspectos petrográficos, não há muito que acrescentar em termos do mencionado no item 8.3.2.1, exceto que essa unidade apresenta textura equigranular de granulação média a grossa.

8.3.3. Gnaisses graníticos com intercalações de xistos (PGgM)

Essa unidade ocorre como pequenas lentes estiradas segundo ENE/WSW inseridas nas litologias PGE e PGM. Apresentam contatos gradacionais para as litologias adjacentes. Um corpo

ocorre em contato tectônico com a Formação Eleutério e configura uma dobra aberta, em grande escala. É composta predominantemente por gnaisses graníticos localmente milonitizados, biotita gnaisses, biotita-quartzo xistos, quartzitos e raras ocorrências ultramáficas. Não apresentam bons afloramentos *in situ*, mas geralmente sob forma de blocos dispersos nas encostas de morros ou em drenagens, com ressalva para o afloramento 103, na entrada da Usina Eloy Chaves.

8.3.2.1 Aspectos Petrográficos

No geral, os tipos litológicos desta unidade apresentam estruturas gnaissificadas a xistosas mais ou menos marcantes. O tipo petrográfico predominante corresponde a um gnaisse quartzo-feldspático equigranular de grã fina a média, cor esbranquiçada a rosada e cinza claro esverdeada nos termos mais alterados. Composicionalmente é semelhante aos gnaisses paraderivados.

Os tipos xistosos encontram-se na maioria das vezes intensamente intemperizados. São compostos, de maneira geral, por sericita (50%), formando lentes contínuas anastomosadas em torno de grãos reliquiares, associada à sillimanita, substituindo esta, exibindo forma fibrosa de contatos corroídos. O quartzo (25% a 30%) ocorre como cristais isolados entre os grãos micáceos, de pequenas dimensões, com extinção ondulante e indícios de recristalização e inclusões de sillimanita e outros cristais. A biotita é freqüente, com cerca de 20% a 25%, como pequenos cristais tabulares e pleocróicos, de tons avermelhados, alterados para clorita e muscovita. Zircão e apatita são os acessórios presente, como pequenos cristais arredondados associado à biotita. Há varias feições estruturais características nessas rochas, que sugerem um protólito sedimentar, provavelmente algum remanescente do Grupo Itapira, metamorfisado em alto grau e que posteriormente foi intensamente milonitizada e cataclasada pela ação da zona de cisalhamento de Jacutinga.

Os quartzitos são mais ou menos muscovíticos, na maioria das vezes contendo ao redor de 90% de quartzo. Petrograficamente são muito similares aos quartzitos anteriormente descritos das seqüências paraderivadas presentes ao sul da Zona de Cisalhamento Jacutinga. As ocorrências ultramáficas se resumem a um afloramento, de dimensões pouco expressivas para a escala de mapeamento e não foram confeccionadas lâminas delgadas que permitissem uma melhor caracterização petrográfica.

A ocorrência dessas lentes pode ser associada a pequenos resquícios da unidade que se alojava do corpo granitóide, hoje já erodida, que foi preservada em tetos pendentes da intrusão granítica

8.3.3. Considerações finais

As rochas graníticas limitadas ao sul pela Zona de Cisalhamento de Jacutinga apresentam diversas feições texturais e estruturais de acordo com a intensidade deformacional, tanto nos tipos

equigranulares quanto megaporfiríticos. As rochas miloníticas são caracterizadas pela textura mortar ou *flaser*, com megacristais de feldspato potássico muito fraturado com dimensões variadas envolvidos por cordões anastomosados de agregados recristalizados de quartzo, fortemente deformados associados ou não à concentrações de minerais micáceos e epidoto, que ocupam preferencialmente planos de fraturas, indicando deformação rúptil-dúctil sobreposta a uma deformação dúctil, acompanhada de hidrotermalismo de neomineralização (fotomicrografia 4). A foliação comumente adquire aspecto “S” e “C”, sendo a foliação “S” definida por agregados de micas e as “C” por agregados de quartzo que localmente observa-se o desenvolvimento de microdobras, “*kink-bands*” e “*ribbons*”. As rochas ultramiloníticas apresentam granulação mais fina, com matriz submilimétrica e porfiroclastos de feldspatos menores que 0,5mm. Na matriz predomina a sericita sobre o quartzo, este mais estirado e com recristalização pronunciada, semelhante os blastomilonitos, que difere pela granulação mais fina.

O batólito Pinhal-Ipuiúna representa um expressivo magmatismo sin-orogênico da *nappe* Socorro-Guaxupé, associado à granitogênese do Ciclo Brasileiro. Datações compatíveis com o Ciclo Brasileiro devem-se a Janasi (1999), que obteve idades de $611 \pm 2,9$ (U-Pb em monazita) e 640 ± 15 (U-Pb em zircão) para ortognaisses do Complexo Pinhal. Haddad (1995) caracteriza os granitos do batólito Pinhal-Ipuiúna como de natureza cálcio-alcálica médio a alto potássio, com razões isotópicas de Sr elevadas, tendo sido interpretado pela referida autora como originados por magmas de fontes enriquecidas em elementos LIL, com importante contribuição crustal em regime de subducção durante o evento Brasileiro.

8.4. Sedimentos Anqui-metamórficos – Formação Eleutério

A Formação Eleutério, definida por Ebert (1971), representa um importante marco na evolução geológica da região. Apresenta 13,2km de extensão segundo ENE, paralelo ao falhamento de Jacutinga, com largura que varia 370m a 1200m. Desde a década de 1970, foi alvo de diversos estudos em detalhe visando sua caracterização petrográfica-estrutural, deposicional e potencial econômico, com ênfase para os trabalhos de Zanardo (1987), Zanardo e Oliveira (1990), Teixeira (1995; 2000) e Motta (2000), tendo o presente trabalho pouco a acrescentar.

8.4.1. Metarenito

Os metarenitos são predominantes e ocorre do centro para sudeste da bacia. Apresenta intercalações de lentes decamétricas de metassiltitos de contatos discordantes. Seus contatos com as encaixantes, tanto graníticas como paragneisses, são tectônicos, com forte discordância metamórfico-estrutural. A estruturação é predominantemente ENE, subordinadamente para N, NNE e NW, com caimento para NW e SSE, que indica movimentação de blocos. Essa unidade foi dividida em duas categorias:

8.4.1.1 *Arcoseano (EmAA)*

Ocorre na porção sudeste da bacia, intercalado com siltitos arroxeados e amarelados. Essa litologia apresenta cor branca com tons arroxeados ou não e estrutura predominantemente maciça, localmente com alguma feição deposicional associada, a exemplo de variação granulométrica nos estratos, níveis de seixos de pequena granulometria e estratificação cruzada tangencial na base e secante no topo, principalmente quando associada a lentes de silito (foto 7). Apresenta textura palimpsésticas psefilítica polimítica a psamítica, de granulometria fina a média, maciça a localmente orientado. É composta por quartzo (35% a 45%, podendo chegar a 50% nos termos de granulação mais grossa), de granulação fina a média, sub-arredondados e deformados quando em contato com outros grãos, bons exemplos de dissolução por pressão, além de extinção ondulante e inclusões fluidas e grãos de outros minerais. O plagioclásio (25% a 35%) corresponde ao oligoclásio e tem formas mais tabulares/subeudral, bastante alterados para sericita e epidoto, nas interfaces minerais ou em seu interior (textura poiquilítica). O microclínio (15% a 20%) apresenta formas e dimensões equivalentes do quartzo e plagioclásio, freqüentemente pertítico, com bordas de albita quando em contato com o oligoclásio. A matriz é composta predominantemente por sericita, epidoto, alguma calcita, e argilominerais, tidos como de origem secundária e quanto maior o teor de sericita, maior o de quartzo (fotomicrografia 5). Além dessa mineralogia principal, foram vistos cristais de muscovita detrítica com aspecto de “*mica-fish*” (as vistas indica movimento dextral), biotita, turmalina, granada zircão, apatita, clorita neoformada e fragmentos de rochas (quartzitos milonitizados e siltitos).

Visando uma análise mais precisa da composição dos metarcóseos, foram realizados ensaio de difração de Raio x da fração argilosa, associado a quantificação dos fragmentos da fração >0,062mm (Anexo 4) e tomados como base a composição química apresentadas em Roldan (2000).

Os resultados da distribuição granulométrica são areia síltica a siltes arenosos, sem concentração dos grãos em moda e distribuídos em todas as frações. Na fração siltico-argilosa a concentração de microclínio aumenta relativamente, enquanto a quantidade de quartzo diminui concomitante ao aumento de filossilicatos e opacos, que segundo o resultado de difração, aponta para presença principalmente de caulinita e illita, subordinadamente montmorillonita e gibsitita. Esses aspectos sugerem que o mesmo pode ter sido submetido a processos hidrotermais, associados a ambiente transicional e na inversão da bacia em regime compressivo que proporcionou um rejuvenescimento do quartzo.

Teixeira (1995) separou essa unidade em duas, uma com nível conglomerático na base da seqüência e outra não, posição intermediária e distal da planície aluvial, respectivamente, mas não separadas nesse trabalho. São bons os afloramentos dessa unidade em relação a área de

exposição, apesar de bastante alterados, sendo na maioria exposições em pedreiras abandonadas e ativas, a exemplo dos afloramentos 43, 79, 93, 96, 134 e 138.



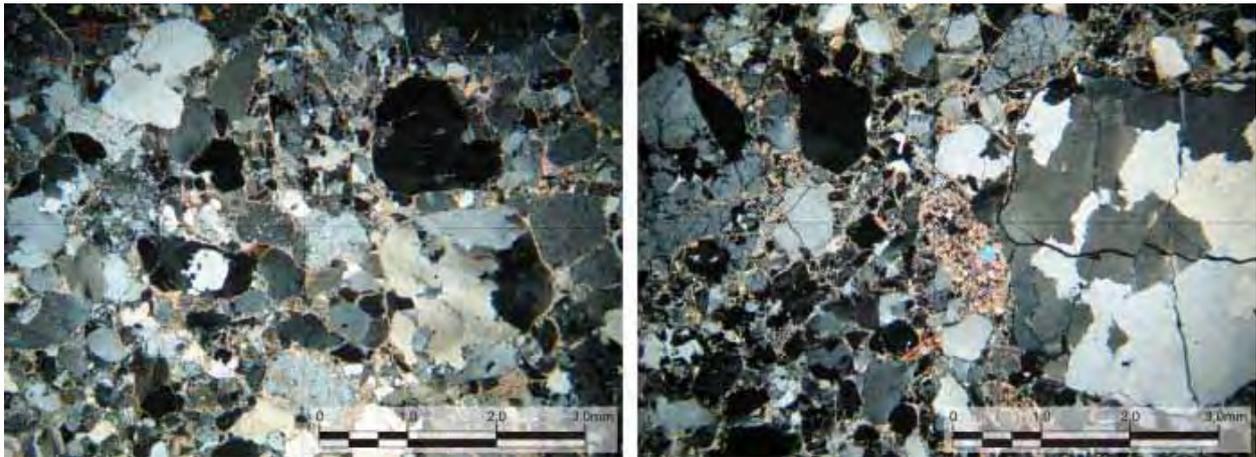
FOTO 7 – Pedreiras abandonadas de metarcóseos (afloramentos 96 e 93)

8.4.1.1 Conglomeráticos arcoseano (*EmACA*)

Os metarenitos conglomeráticos ocorrem no centro da bacia e apresentam feições parecidas com a unidade descrita anteriormente. Seus contatos com as encaixantes de alto grau metamórfico são exclusivamente por falhas, enquanto são gradacionais para as frações menos conglomeráticas e as conglomeráticas brechóides. Apresentam colorações esbranquiçadas com tons levemente arroxeados, em matriz fina de composição equivalente à da unidade *EmAA*, com níveis de seixos (de até 5cm segundo seu maior eixo) de quartzo, feldspato e fragmentos de quartzitos milonitizados e granitos sub-vulcânicos (ZANARDO e OLIVEIRA, 1988). Os níveis conglomeráticos formam pacotes de até 0,3m intercalados no pacote arenítico-arcoseano (foto 8). Os grãos conglomeráticos são facetados a angulosos, com quatro faces, que Teixeira (1995) considerou como ventifactos característicos de ambiente eólico desértico, em regime esporádico (TEIXEIRA, informação verbal). O ambiente de deposição corresponde a planície aluvial mediana, posição basal a unidade *EmAA*, com características de baixa viscosidade, fluxos canalizados e retrabalhamento eólico (TEIXEIRA, op cit). O estado dos afloramentos dessa unidade é semelhante aos descritos anteriormente, com destaque para o afloramento 40.



FOTO 8 – Fraturas e nível conglomerático do metarenito arcoseano (aflor. 40)



FOTOMICROGRAFIA 5 – Seção delgada dos metarcóseos (PI 234) e conglomerático (PI244). Nicóis cruzados

8.4.2. Metaconglomerados brechóides polimíticos

Essa unidade ocorre na parte sudeste da bacia, limitada exclusivamente a quartzitos do Grupo Itapira por falhamentos. Corresponde a um corpo alongado paralelizado com a zona de cisalhamento, contudo, não apresentam blocos *in situ* apropriados para medidas estruturais. Consiste de uma rocha maciça, extremamente dura (vide cap. 12.4 – TABELA 4), de coloração esverdeada e seixos de diversos tamanhos, formas e cores. Nesse trabalho, foi adotada em parte a mesma classificação proposta por Teixeira (1995) e Zanardo (1987) e separado em duas subunidades a depender da relação matriz-clastos e forma destes (foto 9). A matriz é composta de quartzo microcristalino a finamente granuloso, intercrescido com as micas, localmente forma grãos menores que 0,5mm que, nesse caso, apresenta extinção ondulante, feições de dissolução por pressão, deformação lamelar, fraturas preenchidas por minerais neoformados e recristalização em zonas de tensão, feições essas interpretadas como pré-deposicionais. O microclínio ocorre com mais frequência que o plagioclásio, ambos bem alterados para sericita e epidoto, estes, associados ao quartzo, são os principais constituintes da matriz. A calcita e clorita são neoformadas, principalmente em planos de fraqueza ou intercrescidos com as micas, associado à alteração da biotita que libera titanita, leucoxênio e óxidos de Fe/Mg e interpretados como sin-evolução metamórfica da bacia. Como acessórios, são vistos a granada, allanita, apatita, titanita e zircão, tidos como pré-sedimentação.

8.4.2.1 Clasto-sustentado (EmCB)

Essa subunidade ocorre alongada segundo ENE na porção oriental da bacia e apresenta seixos de grandes dimensões, medidos em campo alguns com até 70cm, com bordas irregulares, retilíneas, de aspecto brechado, outros mais arredondados/sub-anguloso. A estrutura é polimítica no qual foi diferenciados até 5 tipos de seixos, dentre eles, gnaisses blastomilonítico, quartzitos

milonitizados, granitos megaporfiríticos, dioritos e veios pegmatíticos, mas além destes, na literatura são descritos blocos de anfibolitos, metassilexitos laminados e vulcânicas ácidas (TEIXEIRA 1995; ZANARDO, 1987). A porcentagem de matriz nessa rocha é baixa e os seixos geralmente estão em contato direto ou separados por uma delgada lente de matriz.

8.4.2.2 *Matriz-sustentada (EmC)*

Essa subunidade ocorre a noroeste da EmCB, alongada segundo ENE e difere-se pelos seixos menores e dispersos em um arcabouço de matriz, predominante nessa rocha. Os seixos são, em geral, subarredondados a ângulosos, de cor rosada, composto predominantemente por rochas quartzo-feldspáticas. Os seixos são relativamente menores e mais arredondados, de composição mais constante, em geral granitos milonitizados equigranulares a megaporfiríticos, veios pegmatíticos e raros dioritos.

Ambas as unidades representam depósitos de fluxo gravitacional subaéreos de alta densidade (fluxo de detritos) associados ao sistema de leques aluviais da escarpa sudeste da bacia. A subunidade EmCB é proximal da área fonte direcionada de SE para NW, com fluxo mais fluido que a EmC, mais viscoso, ou seja, a ação das águas é mais intensa nessa unidade, correlacionado com a menor quantidade de matriz e seus seixos são pior selecionados. Quanto a posição da área fonte dessa unidade, situado a SE e E da bacia (ZANARDO, 1987), há coerência entre os dados da literatura corroborados com os apresentados devido a posição estratigráfica basal dos conglomerados evoluindo para litologias mais finas e selecionadas. É ainda obscuro o processo de moagem e transporte desses grãos variados e de grandes dimensões para a bacia, uma vez que apenas o fluxo gravitacional não seria suficiente para tal. Algumas feições apresentadas descartam a possibilidade de brechação tectônica (RODRIGUES, 1976), frente a integridade do interior dos grão, pouco fraturas (deveria ter um aspecto mais cataclástico). Durante a deposição dessa unidade, as rochas da área fonte foram submetidas a processos de alteração predominantemente físicos, pois os seixos são pouco alterados e transportados por um agente de geleira, suficientemente forte para fragmentar e carrear grandes blocos da área fonte até a bacia.

8.4.3. *Metalaminitos/metarritimitos areno-siltico-argiloso (EmLS)*

Foram individualizadas nessa unidade dez lentes estiradas concordantes com a foliação geral da bacia, mas sem continuidade espacial entre si, que sofrem um arqueamento visto em grande escala. São identificados e classificados como metalaminitos, metarritimitos e metasiltitos diferentes pela relação do teor de minerais de quartzo, contudo, no presente trabalho, individualizados como a mesma unidade (foto 10). Apresenta localmente intercalações de metarcóseo, mas no geral, está embutido nessa unidade como lentes centimétricas a métricas (não representadas) até 50m de largura, além de constituir seixos dos metaconglomerados. São bons os

afloramentos dessa unidade principalmente as pedreiras ativas ou abandonada, citadas no tópico 8.4.1.1 e são responsáveis em parte pela caracterização estrutural da Formação Eleutério.



FOTO 9 – Aspectos macrocópicos dos metaconglomerados clasto-sustentados (afloramento 0) e matriz sustentado (afloramento 80); fotomicrografias – nicóis paralelo e cruzado (PI-251) e cruzado (afloramento 80)

8.4.3.1 Aspectos Petrográficos

Constitui-se de rochas avermelhadas a alaranjadas, a depender da quantidade de caolinita e illita presentes (Anexo 4). É constituído por quartzo (15% a 25%) microcristalino, bem orientados, que define leitos de maior concentração com contato brusco na base e diminuição gradativa até o próximo leito, correspondendo ao bandamento composicional que ostenta dimensões menores que 0,5mm (foto 10). A sericita se apresenta como uma massa neoformada, orientada segundo a foliação e uma segunda foliação, ortogonal cerca de 30° com o acamamento (clivagem ardosiana mal definida) e associada sempre com minerais filossilicáticos finos (illita), clorita, leucoxênio e acessórios: muscovita detritica, turmalina e zircão. São comuns microzonas de cisalhamento e veios de quartzo e limonita, de movimentação dextral.

TABELA 2 – Composição química dos metarcóseo e metapelitos da Formação Eleutério.

ROCHA	AMOSTRA	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	FeO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	LOI	TOTAL
Metarcóseo Alterado	E-16	80,16	11,09	0,33	1,79	0,18	3,1	0,05	0,39	2,86	99,95
	E-14	80,16	10,56	0,36	2,11	0,39	4,07	0,06	0,62	2,41	100,74
	E-13	78,95	12,35	0,31	1,83	0,21	3,58	0,05	0,39	2,88	100,55
	E-12	75,48	12,87	0,47	2,61	0,37	4,84	0,11	0,7	2,81	100,26
Metarcóseo Fresco	E-10	78,45	11,49	0,2	1,28	2,47	4	0,64	0,36	1,19	100,08
Metapelito	Ag-08	59,02	19,46	1,35	8,17	0,04	4,92	0,01	1,15	5,77	99,89

Labogeo- UNESP/Rio Claro, segundo Roldan, 2000

A gênese dessa unidade está ligada a sistema lacustre, distal da área fonte (planície aluvial) e representa depósitos subaquoso controlados por correntes de turbidez induzida pelo próprio sistema deposicional ou tectônica sin-sedimentar (TEIXEIRA, 1995).

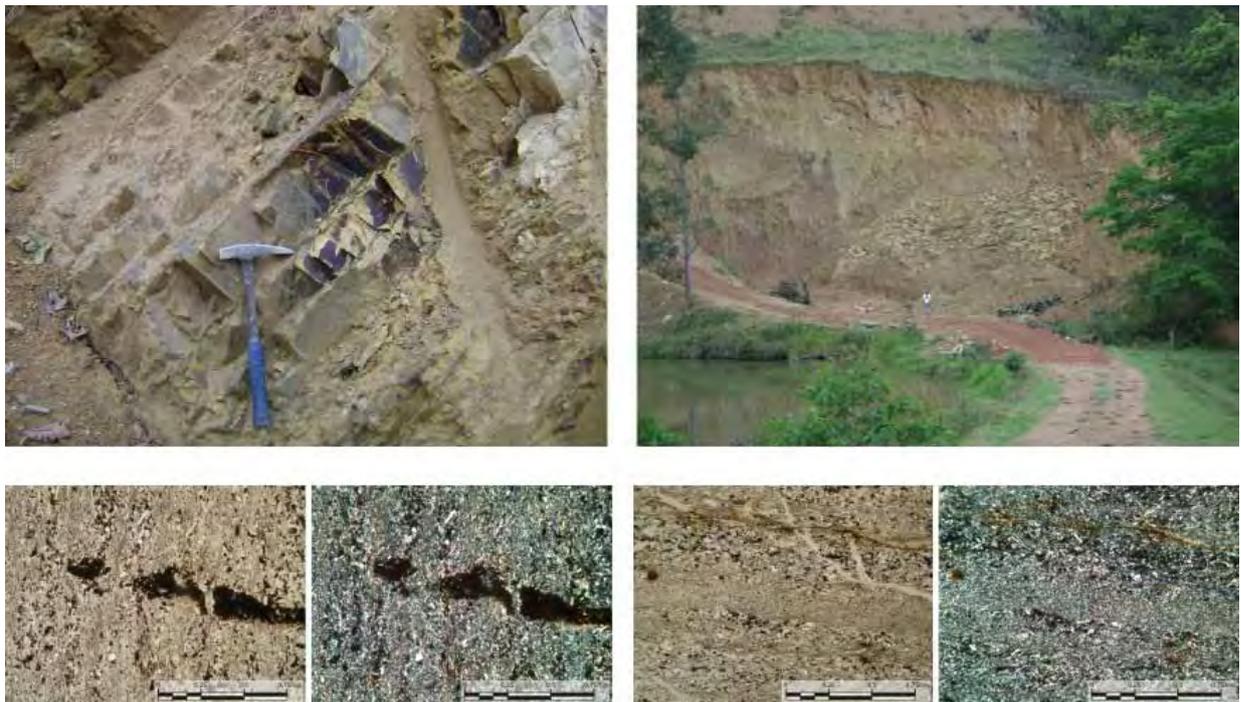


FOTO 10 – Pedreira abandonada de siltito (Afloramento 138) e aspectos microscópicos, a nicóis cruzados e paralelos (PI 157)

8.4.4. Dados geocronológicos, sistemas deposicionais e processos evolutivos

Como a bacia foi afetada por grau metamórfico baixo, são preservados registros de microfósseis da espécie *Cloudina riemkeae* que fornece datação relativa de 570-545Ma. (TEIXEIRA, 1995), contudo, a identificação desse material pode ser controversa. Datação U-Pb SHRIMP em zircão obtido a partir de seixo de riólito de metaconglomerado resultou em idade de 606 ± 13 Ma, interpretada como idade máxima para o início da sedimentação e por K-Ar em rocha total foram obtidos valores de 530 ± 14 Ma., interpretada como resfriamento pós-pico metamórfico relacionado ao encurtamento da bacia (TEIXEIRA *et al.* 1999)

A geração da bacia está relacionada com a Zona de Cisalhamento de Jacutinga, de caráter transcorrente. Teixeira (1995) sugere que a abertura da bacia tenha sido originalmente sinistral, contrariando a maioria dos dados pertinentes na literatura e desacreditado nesse trabalho. A abertura apresentava configuração típica “pull-apart” semelhante aos modelos “em flor” e sua sedimentação ocorreu concomitante a sua abertura, de direção NW/SE, com área fonte localizada a NW e posteriormente a SE, de acordo com estudos de paleocorrente apresentado por Teixeira (*op cit*), concordante em parte por Zanardo (1987) que propõe que a sedimentação ocorre de leste para oeste. Ao longo da sua evolução, ocorre o fechamento e inversão da bacia, quando a zona de cisalhamento adquire caráter dextral (TEIXEIRA, *op cit*), mas aqui interpretado como uma variação dos regimes de transpressão/transensão, sem inversão do movimento de transcorrência.

Esse fechamento foi responsável pela verticalização das camadas e deslocamento de grandes pacotes. Outros dois eventos tectônicos afetaram a bacia e estão relacionados com reativação e acomodação/epirogênese da zona de cisalhamento. O ambiente deposicional corresponde a leques aluviais coalescentes em planícies aluviais, com deposição subaérea e subaquosa, localmente por fluxo de massa, em clima árido com chuvas torrenciais com regimes esporádicos de caráter eólico e marinho (TEIXEIRA, 2000, pag. 144).

9. GEOLOGIA ESTRUTURAL

A área de estudo apresenta considerável complexidade tectônica e estrutural, com uma vasta gama de elementos como foliações metamórficas/miloníticas, xistosidades, acamamento sedimentar, falhas e juntas, lineações de estiramento e mineral, veios de quartzo e dobras de diversas configurações, medidos nos levantamentos de campo e plotados no diagrama Schmidt no software StereoNet®, todos apresentados no Anexo 5. Para facilitar a análise estrutural, a área foi dividida em quatro setores e cinco subsetores (Figura 4), levando em consideração o padrão estrutural e litológico.

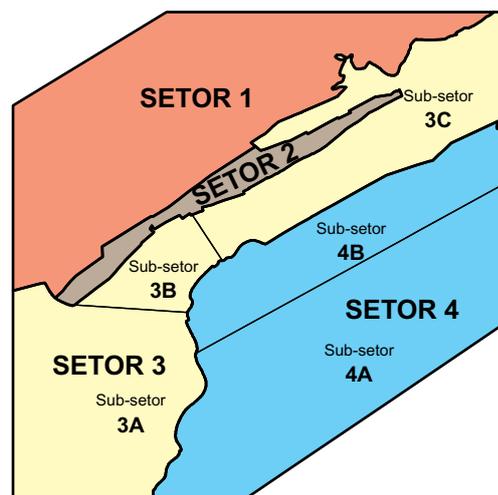


FIGURA 4 – Subdivisões da área de estudo em setores

De maneira sucinta, a nomenclatura adotada para as fases de dobramentos e principais estruturas é sintetizada na tabela 3. Ao evento Dn_{-2} , de idade Transamazônica (ARTUR, 1980), atribui as estruturas correspondentes a dobras intra-foliais apertadas, isoclinais, em núcleos preservados nos migmatitos do Complexo Amparo. Na fase Dn_{-1} , o bandamento Sn_{-1} apresenta-se localmente dobrados (dobras de grande escala, simétricas e cilíndricas) com plano axial paralelo ao Sn geral e localmente apresenta foliações miloníticas de alta temperatura. A deformação Dn , aqui atribuída ao evento Brasiliano é mais marcante na área, gera as foliações verticalizadas com direção preferencial NNW/SSE no Grupo Itapira e NW/SE no Complexo Amparo, gerando dobras intrafoliais de ápices espaçados, isoclinais e transposição da foliação nos gnaisses de alto grau. Subordinadamente ocorrem foliações e estruturas planares de baixo ângulo relacionável a tectônica tangencial do mesmo período, descrita na literatura em um contexto mais regional da

área de estudo. Atribuída ao mesmo evento, a foliação Sn do Grupo Itapira sofre um arqueamento para NE junto ao contato com a falha de Jacutinga, com estrutura mais miloníticas e baixa densidade de dobras intra-foliais no qual foi atribuído como Sn₊₁, concomitante a implantação da Zona de Cisalhamento de Jacutinga e geração da foliação milonítica Sn_{+1(m)} e implantação da Bacia de Eleutério. A foliação do Complexo Amparo apresenta esse arqueamento de forma mais discreta, sendo interrompida na falha de Ouro-Fino, no qual foram geradas dobras de arrastos em mega-escala.

Localmente, nos quartzitos próximos a zona de falha, ocorrem lineações de alto ângulo, associadas à acomodação da bacia, atribuídas ao evento Dn₊₁, pós-Brasiliano. Atribui-se ao mesmo evento uma possível reativação da Zona de Cisalhamento, em regime mais rúptil. Teixeira (1995) reconhece mais dois eventos tectônicos posteriores à acomodação e inversão da Bacia, nesse trabalho atribuídos ao evento Dn₊₁, mas indiscriminados.

TABELA 3 - Fases de Dobramentos e Estruturas da área de estudo

EVENTO	ESTRUTURA	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS	DIREÇÃO	OCORRÊNCIA
Dn ₋₂	Sn ₋₂	Migmatização, dobras intra-foliais no Sn ₋₁ (apertadas)		Localmente
Dn ₋₁	Sn ₋₁ /Sn _{-1(m)}	Dobramento de Sn, com núcleos de Sn ₋₁ preservados		C.Amparo
Dn	Sn	Geração de foliação e xistosidade, transposição de Sn ₋₁	NNW/SSE	Geral
Dn ₊₁	Sn ₊₁ /Sn _{+1(m)}	Arqueamento das estruturas Sn, próximo a ZC.	NNE/SSW	Menos no Complexo Amparo
Dn ₊₂	Sl ₊₂	Lineação mineral verticalizada, próximo a ZC	NW	Localmente

9.1. Setor 1 - Zona de Falha de Jacutinga e Batólito Pinhal-Ipuiúna

Essa zona de falha afeta principalmente as rochas pertencentes ao batólito Pinhal (EBERT, 1971), discriminados como Bloco Pinhal e Jacutinga por Campanha *et al.* (1983). Na área de estudo, apresenta natureza de caráter essencialmente transcorrente de alto a médio ângulo, com movimentação dextral (CAMPANHA *et al.*, 1983; CAVALCANTE *et al.*, 1979, dentre outros). Teixeira (1995) sugere uma movimentação sinistral ao longo da Zona de Cisalhamento durante a abertura da sedimentação da bacia do Eleutério, baseado em conceitos de paleocorrentes e sinuosidade de ENE/WSW para NNE/SSW entre as cidades de Itapira e Jaguariúna, hipóteses não consideradas no presente trabalho, pois discorda dos dados apresentados obtidos nesse trabalho e da literatura.

A zona de cisalhamento apresenta limite norte com direção ENE, próximo a falha de Jacutinga e ao sul, próximo ao contato da Formação Eleutério, afetando localmente as unidades quartzíticas do Grupo Itapira. É caracterizada pela ocorrência da foliação milonítica oftalmítica em granitos megaporfíricos e ocorrência de *augens* gnaisses (vide cap. 8.3). A foliação tem

direção predominantemente ENE, com caimento para SSE, subordinadamente NNW, com ângulos de 50° a 80° (Fig. 5) e apresenta diferentes intensidades de milonitização.

Microscopicamente, essas rochas apresentam estrutura foliada oftálmica, granoclástica, mortar a *flaser*, com grãos de feldspato potássico de até 5mm de bordas retas envolto em uma massa de agregados microcristalinos de quartzo e feldspato potássico recristalizados, exibindo um aspecto anastomosado e foliações “S” e “C”, marcada pela orientação das micas. Ocorre na área toda a variação textural característica de zona de cisalhamento, desde ultramilonito, blastomilonito, pseudotaquilito (próximo a falha) e cataclasitos. A maioria das amostras analisadas apresenta aspecto de cataclase e dobras de crenulação sobreposta à foliação milonítica, que indica reativações posteriores da zona de cisalhamento, adotado como Sn+2(m).

A lineação mineral foi definida pela orientação de cristais micáceos e agregados de quartzo ou sombras de pressão dos porfiroclastos. Apresenta direção preferencialmente NE, subordinadamente para SE e NW, com caimento médio a alto. As dobras que ocorrem na área são de crenulação, intra-foliais e de pequenas dimensões. Pelos modelos propostos na literatura (CARRERAS *et al.*, 2005), as dobras analisadas foram geradas sin- a pós-foliação milonítica, contudo, a baixa quantidade de dados não permite tirar conclusões mais detalhadas.

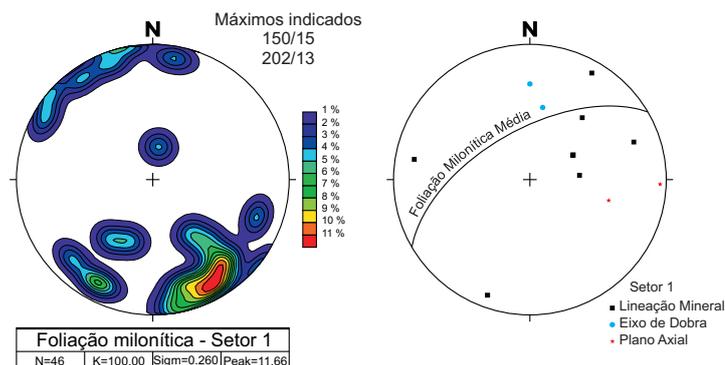


FIGURA 5 – Estereograma para as foliações miloníticas, lineações, eixos de dobras e plano axial das dobras da Zona de Cisalhamento

No Complexo Granítico Pinhal são preservados alguns núcleos de rochas tanto equigranulares quanto megaporfíricas e gnaisses graníticos associados a xistos-quartzo feldspáticos não afetadas pela zona de cisalhamento. São rochas homogêneas sem elementos estruturais evidentes, localmente com uma sutil foliação definida pela orientação dos minerais da matriz, interpretados como de fluxo magmático, no caso dos granitos ou como foliação pré-cisalhamento.

A evolução das rochas do Batólito Pinhal pode ser sintetizada como: injeção sin-orogênica por falhamentos (rifteamento) concomitante à falha de Jacutinga e geração da foliação milonítica; reativação da zona de cisalhamento com dobras associadas, remigmatização e cataclase associada a veios pegmatíticos (vide cap 8.3); fraturamentos discretos no condicionamento pós-orogênico.

9.2. Setor 2 - Bacia Eleutério

As estruturas mais evidentes na Formação Eleutério são primárias e correspondem ao acamamento sedimentar, estratificação cruzada e gradacional, laminação plano-paralela e gradacional, além de estrutura sedimentar maciça e tectônica correspondente à clivagem ardosiana e dobras de crenulação. A porção nordeste da bacia (Anexo 2) não apresenta nenhuma orientação confiável de medição e são raras nos metarenitos arcoseanos conglomeráticos, sendo que as melhores estruturas ocorrem nos metassiltitos. A orientação do acamamento sedimentar e foliação metamórfica são concordantes com a disposição geral da zona de cisalhamento, discordante obliquamente cerca de 30° entre si e formam pelo menos três pólos de máxima concentração (fig. 6), um deles com vergência diferente, voltada para NW, que indica uma compartimentação da bacia em blocos, já mencionado em Teixeira (1995) e Zanardo (1987).

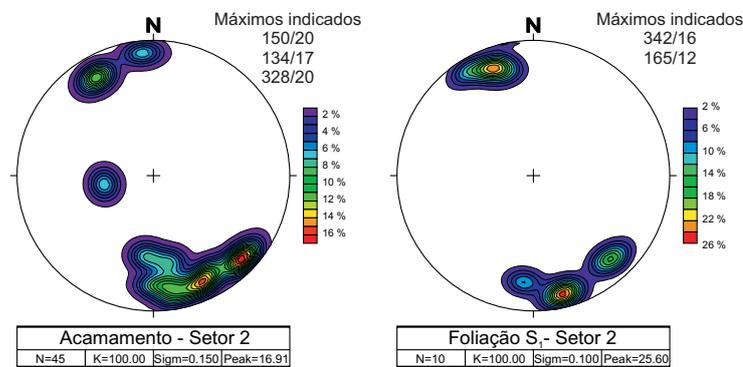


FIGURA 6 - Esterograma para o acamamento sedimentar e foliação metamórfica do Setor 2.

Na figura 7 são apresentados os diagramas de juntas e falhas medidas nesse setor. Observa-se uma grande dispersão das direções de juntas, com pelo menos cinco pólos de maior concentração que, de grosso modo, são ortogonais a direção de alongação da bacia, bem como a algumas das falhas normais plotadas. As falhas inversas são coerentes com a direção principal da zona de falhas, que provocou a rotação dos blocos acima citado. Teixeira (1995) reconhece dois eventos tectônicos sobrepostos após o fechamento da Bacia, sendo o primeiro com compressão máxima dirigida NE/SW e extensão NW/SE, com reativações de caráter sinistral, seguido de um evento mais conspícuo que intercepta ortogonalmente os limites da bacia, com tensores máximos segundo NNW/SSE associado a falhas inversas orientadas segundo NE/SW, paralelizadas ao acamamento. De certa forma, essas interpretações foram tidas como mais provável para a evolução da área e são coerentes com os poucos resultados obtidos nesse trabalho.

9.1. Setor 3 – Grupo Itapira

Nesse setor ocorre uma vasta gama de elementos estruturais, com maior concentração de medidas de foliações tomadas nas etapas de campo, em especial nas unidades mais quartzíticas. A foliação apresenta diversas intensidades, mais notável nos muscovita quartzitos feldspáticos. É definida pelo arranjo das lentes lepidoblásticas, em maior ou menor concentração, que localmente

forma “*kink bands*”, “*mica fish*” e micro-zonas de cisalhamentos, com sentido tanto dextral quanto sinistral. As porções quartzosas são bem estiradas, com contatos imbricados e feições de inferência de foliações que se anastomoseiam, indicando um contínuo processo de deformação e recristalização, contudo, feições de transposição de foliação pretérita não foram notadas. Nas lentes ricas em quartzito

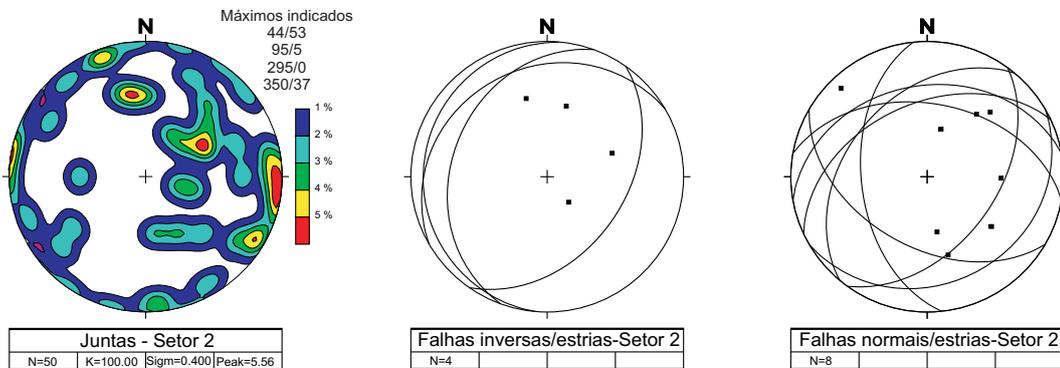


FIGURA 7 – Estereogramas para juntas e falhas do Setor 2.

Para a análise das foliações presentes nos metassedimentos do Grupo Itapira, foi subdividida em três setores (figura 4 e 8):

- Setor A: porção sudoeste da área - a direção da foliação é predominantemente N/S, com caimento preferencial para E, subordinadamente para W, com alto ângulo de caimento;
- Setor B: contato sudeste da Fm. Eleutério - a foliação adquire direção SW/NE e vergência predominantemente SE;
- Setor C: ao longo da Falha de Jacutinga - nesse sub-setor, tem comportamento semelhante àquele apresentado pelo Setor 2, de direção ENE/WSW e caimento tanto para NNW quanto para SSE.

A análise comparativa entre os três estereogramas mostra que a foliação sofre um arqueamento quando em contato da zona de falha, sendo que esta exerce forte influencia sobre as rochas encaixantes. A transposição em megaescala da foliação foi tomada como Sn+1, tido que apresenta aspectos texturais, estruturais e mineralógicos semelhantes ao longo desse setor.

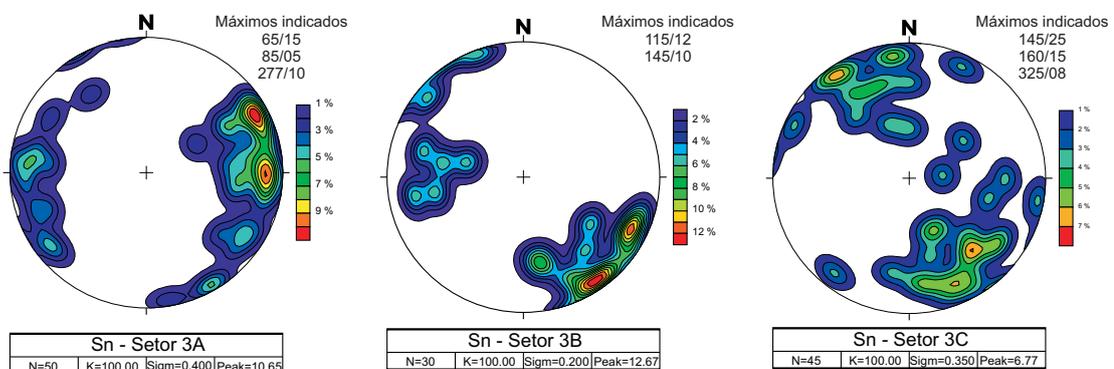


FIGURA 8 – Estereogramas para as foliações do Grupo Itapira, sub-setores 3A, 3B e 3C.

As medidas de lineação mineral foram tomadas principalmente nas orientações de cristais de muscovita e cristais alongados de quartzo. Tem como direção preferencial NE/NW/SW, indicando uma evolução complexa, com vertente predominantemente para NNW, corroborado as medidas de eixo de dobra e coerentes com a inflexão da foliação próxima a zona de falha. As dobras são variadas, desde isoclinais a abertas, mas em geral, inclinadas com caimento, sem foliação plano axial, ou pouco definida. No contato a sul da falha de Jacutinga (afloramento 33), ocorre uma lineação subvertical relacionada à subsidência da bacia; contudo, a falta de dados em outros afloramentos correlacionados impossibilita tecer comentários mais concretos.

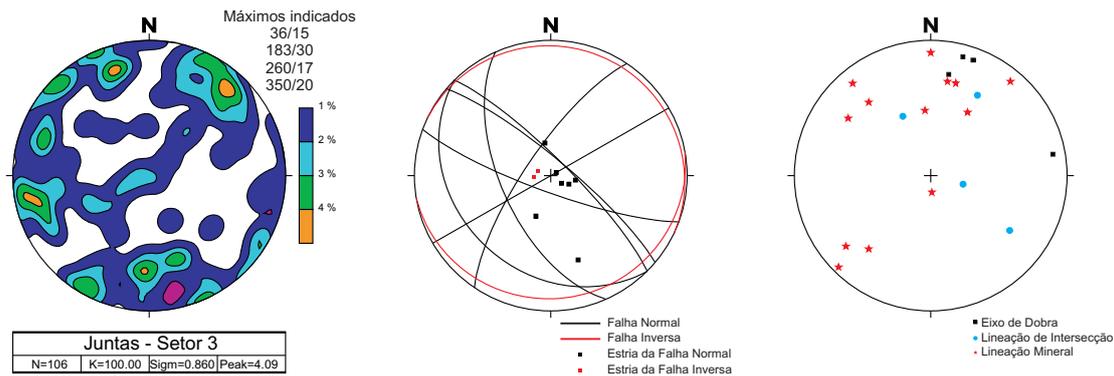


FIGURA 9 – Estereogramas para eixo de dobras, falhas, lineações e juntas do Setor 3.

9.2. Setor 4 – Grupo Amparo

Esse setor foi subdividido em 2 sub-setores para análise comparativa das medidas de foliação (figura 10):

Setor A: na porção sudeste da área, apresenta direção preferencialmente NW, ortogonal à Zona de Cisalhamento, indicando ser pouco afetada por esta;

Setor B: próximo ao contato inferior da Falha de Ouro Fino e a unidade paraderivada. Apresenta pólos de concentração com direção N/E com vergência para W e NW/SE e caimento para NE. Observa-se que essa unidade não é afetada pela zona de cisalhamento como as adjacentes, provavelmente devido à competência das camadas, mais resistentes.

A foliação nessa unidade é definida predominantemente pela variação composicional e textural das camadas, em geral, leitos neossomáticos e paleossomáticos; estiramento de megacristais, de concentrações quartzo-feldspáticas e de biotita/hornblenda, bem como a xistosidade das camadas associadas. Nessa unidade ocorre locais com estrutura milonítica de alta temperatura, diferente da Zona de Cisalhamento de Jacutinga, relacionada à microzonas de falhas (aflor. 127 e 3) anteriores ao Sn regional. Localmente (aflor. 22 e 148) são vistos dobras intrafoliais abertas a isoclinais, sem foliação plana axial atribuída a núcleos preservados Sn₂. Microscopicamente é notada feições de transposição da foliação, paralela ao bandamento gnáissico produto de anatexia, injeção de remobilizados e migmatização, indicando uma evolução complexa para a área, mas a maioria dos elementos estruturais antigos são obliterados pelos

recentes. As direções dos eixos de dobras e lineações minerais são predominantemente N/S, que associado à análise das foliações, indicam um transporte preferencial nessa direção.

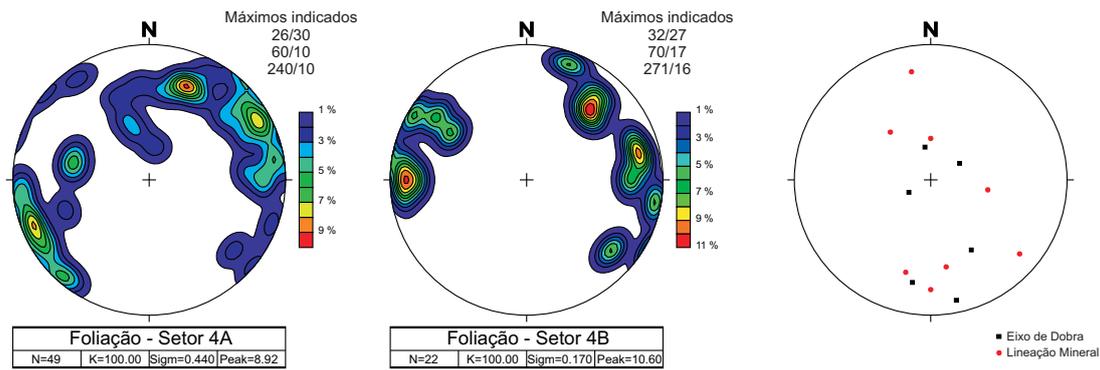


FIGURA 10 - Estereogramas para foliações, eixo de dobras e lineações do Setor 4.

10. METAMORFISMO

Como já mencionado nos capítulos anteriores, a área de estudo teve uma evolução policíclica complexa, sendo reconhecidas ou interpretadas várias fases metamórficas e retro-metamórficas. É apresentada na tabela 4 uma síntese desses eventos e na figura 11 o caminhamento metamórfico, sua correlação com os principais eventos tectônicos e provável idade, baseado em dados geocronológicos discutidos no capítulo 8.

TABELA 4 - Principais eventos metamórficos e eventos associados

UNIDADE ESTRATIGRÁFICA	EVENTO	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS	METAMORFISMO	FASE DEFORMACIONAL
Complexo Amparo	M1	Infraestrutura Arqueana retrabalhada no Transamaz. e Brasileiro	Anfibolito Alto/Anatexia	Dn ₋₂ (A)
	M2 M4 e RM5			(Dn ₋₁) Sn ₋₁ /Sn _{-1(m)} (T) (Dn) Sn/Sn _{+1(m)} (B)
Grupo Itapira	M5 RM5	Supracrustal metamorf. (Brasiliano)	Anfibolito Alto	(Dn) Sn/Sn _{+1(m)}
Zona de Cisalhamento	M4 _(D) RM5	Milonitos Brasileiros	Cataclástico	(Dn ₊₁) Sn _{+1(m)}
Formação Eleutério	M5 RM5	Molassa	Xisto Verde baixo (zona da clorita)	(Dn ₊₁) Sn ₊₂

A classificação e posicionamento do grau metamórfico são baseados nos conceitos apresentados em Yardley (1994), Miyashiro (1979) e as associações mineralógicas de Winkler (1977). Durante as etapas de campo e trabalhos de escritório tentou-se elaborar um mapa metamórfico da área, representando um zoneamento dos domínios com fácies semelhantes; contudo, notou-se uma grande complicação devido a dispersão e intercalações de rochas com distintas paragêneses, tidas como embutidas entre si tectonicamente. As rochas metamórficas da área de estudo foram agrupadas em relação a sua composição e origem, discutidas nos tópicos seguintes.

10.1. Rochas Metamórficas do Complexo Amparo

10.1.1.1 Migmatitos e Gnaisses

As rochas atribuídas ao embasamento ortoderivado apresentam mineralogia principal de fácies anfibolito alto, que associado a presença de porções leucossomáticas e evolução

composicional de tonalito até sienogranito, é possível estipular condições de pressão em torno de 7 a 8Kbar e temperatura acima de 650°C (curva de fusão), no mínimo. A fase M2 (metamorfismo ocorrido no Ciclo Transamazônico), que localmente apresenta núcleos migmatíticos preservados, é evidenciada pelas associações hornblenda+biotita+oligoclásio, quartzo e microclínio e podem ocorrer nas frações mais ricas em anfibolito (ABHgAM – afloramento 3) diopsídio, granadas e andesina, característicos de fácies anfibolito médio a alto. As feições de transposição evidenciada em diversas lâminas dessa unidade podem indicar uma fase anterior M1 (na verdade, o que está preservado é fase relativa ao Transamazônico/Paleoproterozóico), contudo, essas feições foram obliteradas pela fase de deformação mais evidente, a Sn. A fase retrometamórfica RM5 que afetou toda a região é constatado por reações de alteração de piroxênio→hornblenda→biotita→clorita; biotita→clorita/granada; sericitização do plagioclásio, etc., que indicam fácies xisto-verde alto. Algumas feições reconhecidas de simplectitos e pertitas podem indicar um resfriamento com pouca descompressão (isobárico), segundo Passchier *et al.* (1993). O Complexo Amparo apresenta duas fases metamórficas visíveis na área de estudo, ou seja, a do Ciclo Transamazônico (M1) e a do Brasileiro (M4). Depois se mostra afetado pela deformação relacionada à zona de cisalhamento Jacutinga, além do retrometamorfismo pós-Brasiliano.

10.2. Rochas Metamórficas do Grupo Itapira

10.2.1.1 *Gnaisses quartzo - feldspáticos*

Essas rochas apresentam em geral paragênese que indicam condições metamórficas semelhante aos gnaisses ao embasamento, contudo empobrecidos em minerais máficos, como hornblenda e diopsídio (ocorrem como acessórios). Não apresentam assembléias minerais características diagnósticas de condições metamórficas, mas suas intercalações de lentes anfibolíticas, complementada por feições texturais e microestruturais como anatexia localizada, composição do plagioclásio e feldspato potássico, pertitas, simplectitos, entre outros, permite inferir que essas rochas foram submetidas aos mesmos processos metamórficos descritos para os migmatitos. Os processos retro-metamórficos foram mais semelhantes, evidenciada pelos mesmos processos discutidos anteriormente, com ressalva para a presença de grandes concentrações de granada, ocorrência mais restrita de hornblenda/diopsídio e presença de actinolita e clinozoisita associado à hidrotermalismo.

10.2.1.2 *Metapelitos e metapsamo-pelíticas*

Nesse sub-tópico serão abordado às feições tanto dos xistos psamo-pelíticos intercalados nas unidades paragnáissicas, aquelas essencialmente quartzíticas e os corpos individualizados intercalados nos granitos da zona de cisalhamento. Os minerais índices encontrados nessas rochas, de forma geral, consistem de muscovita (primária), sillimanita, cianita, granada, albita,

clinozoisita, epidoto, microclínio e raros ortoclásio. A priori, não apresenta anatexia ou remobilizados. A paragênese sillimanita+granada+muscovita+ortoclásio, é característica de fácies anfibolito médio a alto e são mais comuns nas unidades próximas à zona de cisalhamento (PGgM e IQBgx), enquanto a presença de cianita sem sillimanita, mais comum na região central da área de estudo (IBHgQ), posiciona no campo de fácies anfibolito médio a alto, com intervalo de pressão acima de 6Kbar e temperatura entre 600°C a 650°C. O processo de retro-metamorfismo é caracterizado pelas reações: granada→clorita+muscovita; biotita→clorita+leucoxênio; plagioclásio→sericita/ epidoto. Essas deformações localmente se relacionam a deformação rúptil, com neomineralização preferencial em planos de fraqueza e catalisada por agentes hidrotermais. Essas reações correlacionam à fácies xisto-verde baixo, semelhante aquelas descritas anteriormente, que reforça a regionalização desses eventos.

10.3. Rochas de Metamorfismo Dinâmico – Zona de Cisalhamento

Pelo contexto regional e geocronológico apresentado, as rochas graníticas do batólito Pinhal-Ipuiúna submetidas ao metamorfismo dinâmico foram milonitizadas posteriormente à sua cristalização, sendo essa seu primeiro processo metamórfico e deformacional (M3_D). Os aspectos texturais de rochas preservadas (afloramentos 102 e 113) são de equilíbrio, com contatos minerais retilíneos bem engrenados. Sua mineralogia é típica de granitos, mas também é relacionável a fácies anfibolito médio, coerente com as condições metamórficas dos corpos embutidos nesse batólito (PGgM). As reações presentes nessa litologia são plagioclásio→ epidoto +sericita +carbonato e hornblenda →biotita→clorita são indicativos dos processos retrometamórficos atuante na região e algum deste ocorre na reativação da zona de falha. É possível que a temperatura da zona de falha colaborasse para o gradiente térmico responsável pelo metamorfismo da formação Eleutério.

10.4. Rochas anqui-metamórficas da Formação Eleutério

As rochas da Fm. Eleutério apresentam paragênese relativa a condições de xisto verde, subzona muscovita clorita, pela associação muscovita+paragonita+albita+epidoto e quartzo. O quartzo apresenta feições de dissolução de pressão, que associado a grande quantidade de epidoto bem desenvolvido sugere uma componente hidrotermal associada, provavelmente ligada a reativação da zona de cisalhamento. Se considerar que a recristalização do quartzo é incipiente, com poligonalização de suas bordas e sem a recristalização da biotita, é possível inferir que o sistema atingiu temperatura entre 275°C à 290°C (VOLL, 1976). A intensidade metamórfica é variável ao longo da bacia, contudo sem mudar de subzona, provavelmente sendo maior nos estratos basais (EmCB).

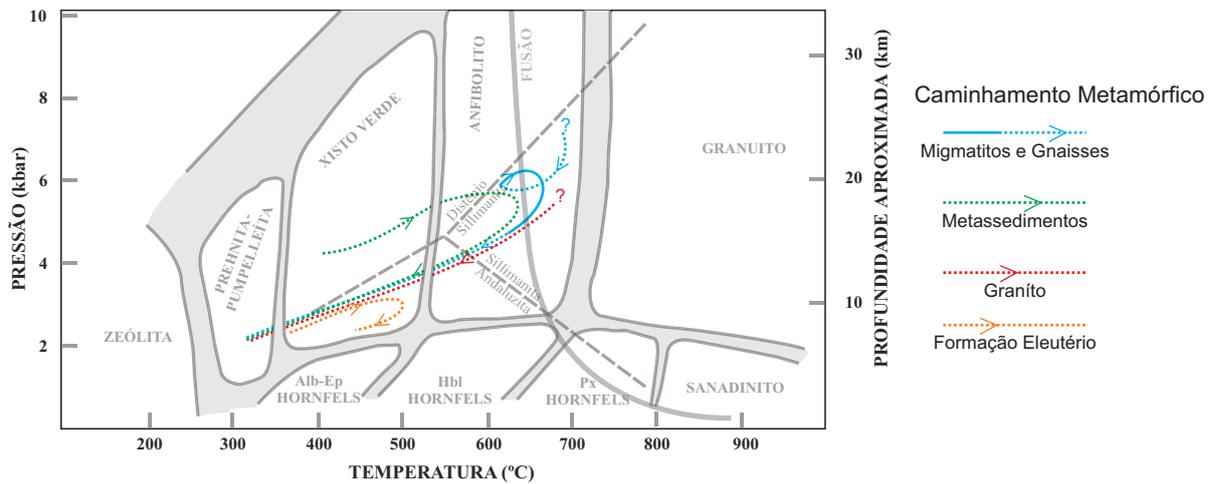


FIGURA 11 – Possíveis caminamentos metamórficos das rochas estudadas

11. TECTONO-ESTRATIGRAFIA

Com base nos dados metamórficos-estruturais, geocronológicos e petrográficos, tentou-se elaborar uma coluna estratigráfica com a relação e empilhamento das unidades diferenciadas nesse trabalho. Está apresentada junto ao mapa geológico-estrutural (Anexo2), acompanhada de duas seções geológicas que interceptam a área de estudo. O empilhamento estratigráfico pode ser definido como:

Pacote 1 – a base do empilhamento estratigráfico da área de estudo é composta pelas litologias do Complexo Amparo, incluído nestas os ortognaisses trondhjemíticos migmatizados com as respectivas intercalações dadas por gnaisses graníticos e granodioríticos com estruturas migmatíticas, biotita hornblenda gnaisses migmatizados, migmatitos gnaissificados e anfibólitos;

Pacote 2 – sobre o pacote 1 ocorre o Grupo Itapira, tendo na base os biotita e/ou hornblenda gnaisses contendo intercalações mais ou menos possantes de muscovita quartzitos feldspáticos. Por cima deste seguem os biotita gnaisses com granada e gnaisses graníticos homogêneos dispostos concordantemente com as litologia do Complexo Amparo. Por fim, no topo da sequência do Grupo Itapira, em contato direto com os granitóides, aflora os termos enriquecidos em muscovita quartzitos associados a quartzos xistos aluminosos e gnaisses feldspáticos;

Pacote 3 – alojado nos pacotes litológicos acima descritos, ocorrem os granitóides tanto equigranulares quanto os megaporfíricos com intercalações pouco freqüentes de gnaisses graníticos e de lentes de xistos;

Pacote 4 – por cima de todo o conjunto está embutida tectonicamente a Fm. Eleutério, em contato com os granitos e com os metassedimentos do Grupo Itapira. Internamente, a referida formação apresenta estratificação composta da base para o metaconglomerados clasto-sustentado ↗ areia-sustentado ↗ metarcóseo conglomerático ↗ metarenito arcoseano com lentes de metasiltitos.

Pelo exposto, conclui-se que as rochas interpretadas como do embasamento apresentam na área de estudo uma gradação dos termos mais graníticos na base do complexo ortoderivado para termos mais migmatizados e rico em anfibólito em sua porção superior. O empacotamento

dos metassedimentos na área reflete sua variação composicional e metamórfica, onde as rochas de maior grau estão na base e os quartzitos mais puros no topo da sequência litoestratigráfica. A variação textural das rochas granitóides não permite uma subdivisão com base na superposição de camadas. As lentes de metassedimentos intercaladas são de origem duvidosa, provavelmente algum remanescente do Grupo Itapira preservado dos processos erosivos. A bacia do Eleutério apresenta uma granocrescência granulométrica e melhor seleção de leste para oeste, coerentes com as suposições de sua área fonte.

12. ASPECTOS ECONÔMICOS

A natureza das litologias abrangidas na área de estudo, constituídas em grande parte por metassedimentos e gnaisses migmatizados, intrusivas graníticas e sedimentos anqui-metamórficos, as quais pouco se associam mineralizações metálicas, contribui para o amplo domínio dos recursos minerais não metálicos. Destes, é grande a importância das captações de água e as matérias-primas cerâmicas da Formação Eleutério.

Grande parte das jazidas que ocorrem na área de estudo estão abandonadas ou exauridas, pois algumas substâncias voltadas para uso na construção civil tiveram finalidade de fornecer material para construção e/ou pavimentação de rodovias e estradas, desativada após o término do empreendimento.

Nos tópicos subseqüentes, serão descritos os principais recursos minerais encontrados na área de estudo e sua correlação com os processos minerários e áreas oneradas junto ao órgão regularizador (DNPM). A localização das minas e ocorrências estão apresentadas no anexo 2.

12.1. Água Mineral

No DNPM, são cinco requerimentos, sendo apenas três concessões de lavra. Segundo o levantamento de campo e dados do CETESB, e aqueles visitados durante as campanhas de campo, cinco poços são de captação de água subterrânea e nove superficiais. Constituem o principal recurso mineral não metálico da área.

12.2. Cascalho

Os cascalhos extraídos na região provêm do material de alteração de rochas quartzíticas e tem como principal aplicação a pavimentação de estradas vicinais bem como agregados para construção civil. Atualmente, duas pedreiras estão ativas e apenas uma delas regularizada no DNPM. Esse bem mineral denota grande potencialidade de extração vista as áreas de ocorrência de quartzitos. Os aspectos mineralógicos, conforme apresentados no capítulo 8.2.5, mostram-se favoráveis em virtude do alto teor de quartzo, em geral superior a 80% que associado ao alto grau de fraturamento, grandes dimensões dos afloramentos e alto grau de alteração, apresenta baixa resistência mecânica que, associado ao alto grau de fraturamento, possibilita o desmonte

mecânico sem o uso de explosivo. Associado a essa substância, foram identificados ocorrências de extração de saibro, como área de empréstimo de solo para aterro e construção civil. Apresentam coloração vermelha escuro, de aspecto terroso, de boa plasticidade e grau de compactação, que correspondem a espessos perfis de solo laterítico bem evoluído.

12.3. Produtos Cerâmicos

As ocorrências relacionadas a matéria prima cerâmica são restritos a Formação Eleutério, mas ressalva um grande potencial para argilas de várzea devido a grandes exposição de depósitos coluvionares (Qa), onde não foi visto nenhum caso. Das pedreiras voltadas para extração de material cerâmico, duas estão ativas (afloramentos 43 e 134) e três abandonadas. A porção sul da área de exposição dos metarcóseos (EmAA) dispõem de requerimentos de pesquisa para argila de uso como cerâmica vermelha, refratária, fabricação de cimento (afloramento 96) e caulim.

Os aspectos mineralógicos desses litotipos são descritos no cap. 8.4. O produto de alteração dos metarcóseos é enriquecido em caulinita e subordinadamente por montimorillonita (Anexo 4) em função da sua mineralogia primária, rica em feldspato potássico (até 50%), baixo teor em Fe (<2%) e grau de porosidade, que facilita a percolação de fluidos, que denota um aumento de refratariedade e potencial uso na indústria cerâmica branca, com ou sem beneficiamento (ZANARDO *et al.*, 2009). Os filossilicatos presente nos metasiltitos alteram-se para montimorillonita e secundariamente para caulinita em função baixa porosidade e percolação de fluidos dificultada. Ensaio cerâmicos desse material (ZANARDO *et al.*, 2009; ROLDAN, 2000), mostra boa aplicabilidade na industria de cerâmica estrutural, bem como na produção de revestimentos cerâmicos tipo BIIb e BIb, pelo processo de via - seca e monoqueima rápida

A formação Eleutério apresenta certa importância na indústria cerâmica do sudeste brasileiro, na área de influencia do pólo cerâmico de Santa Gertrudes sendo alvo de constantes estudos geoquímicos e tecnológicos para esse fim (MOTTA, 2000, ZANARDO, 2009). A porção central da bacia, com algumas ocorrências do metassiltitos não apresentam potencialidade em virtude das áreas de exposição restritas e ressalva-se que a falta de conhecimento em planejamento de lavra (aflor. 134), aplicabilidade desse recurso mineral (aflor. 43) e restrições ambientais (aflor. 96) reduz substancialmente seu aproveitamento.

12.4. Rochas ornamentais

Para o presente trabalho foram efetuados os ensaios de caracterização tecnológica referentes aos índices físicos, teste de abrasão pelo método Amsler, compressão uniaxial e velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas para amostras de uma área classificada como promissora (afloramento 80), correlacionada com dados de duas amostras provindas da Formação Eleutério (ROLDAN, 2000). Os ensaios físico-mecânicos foram realizados no Laboratório de Rochas Ornamentais do Departamento de Petrologia e Metalogenia do IGCE, Campus de Rio

Claro. Os resultados dos referidos ensaios de caracterização tecnológica estão reunidos na Tabela 4 e para efeito comparativo, traz parâmetros limítrofes de referência especificados pela norma ASTM (1992) e sugeridos por Frazão & Farjallat (1995) que qualificam as rochas silicáticas para utilização em ambientes que requerem materiais rochosos com alto desempenho físico-mecânico. As planilhas com os resultados completos das baterias de ensaios realizados para cada variedade petrográfica estudada encontram-se relacionadas no Anexo 3.

TABELA 5 – Resultado dos Ensaios de Caracterização Tecnológica para Rochas Ornamentais da Formação Eleutério.

ENSAIOS	AMOSTRAS			C615 ASTM (1992)	Frazão e Farjallat (1995)	
	AFP	MCB ¹	MAC ²			
Índices Físicos	Massa específica seca (kg/m ³)	2.748	2.822	2.673	≥2.560	≥2.550
	Massa específica saturada (kg/m ³)	2.753	2.825	2.678	n.e.	n.e.
	Porosidade aparente (%)	0,48	0,31	0,55	n.e.	≤1,0
	Absorção d'água (%)	0,18	0,11	0,21	≤0,4	≤0,4
Desgaste Abrasivo Amsler (mm)	0,75	0,60	0,74	n.e.	≤1,0	
Compressão Uniaxial Simples (MPa)	136,7	144,8	180,8	≥131,0	≥100,0	
Velocidade do Pulso Ultra-Sônico (m/s)	5435	5112	5310	n.e.	≥4.000	

Nota: ¹: Metaconglomerado polimitico (ROLDAN, 2000).
²: Metarcóseo com base conglomerática (ROLDAN, 2000).
n.e.: não existe

Os resultados obtidos relevam uma boa correlação com os aspectos mineralógicos (vide capítulo 8.4), texturais (granulação; arranjo dos minerais; grau de microfissuramento) e estruturais (isotrópicas; gnaissificação; deformação) exibido pelas amostras e comparativamente aos valores limítrofes apresentados, permite considerar que os mesmos representam materiais de boa qualidade e, portanto, passíveis de utilização tanto em ambientes de interiores quanto de exteriores em obras civis.

O padrão estético dos metaconglomerados clasto sustentados (Unidade EmCB) pode ser considerado exótico dado pela sua matriz esverdeada com clastos de diferentes aspectos e cores. O metarcóseo tem aspecto tido com comum, caracterizado pela cor creme a rosado, com contraste de textura dado pela estratificação cruzada.

Os metaconglomerados afloram em forma de blocos, que podem atingir dimensões de 5m de altura por 4m x 3m de base, com volume médio de 50m² a 60m², que torna sua exploração pouco atrativa frente ao grande investimento para implantar a jazida e pouco retorno. Na região onde foi coletada a amostra ensaiada nesse projeto, foram extraídos blocos de uma profundidade de ca. de 3m x 100m linearmente, para implantação do gasoduto e em toda extensão ocorre esse material. Em toda a extensão de ocorrência dos metarcóseos, não foram vistos grandes afloramentos de rocha maciça e são, apenas pequenos blocos em meio ao regolito.

12.5. Conclusões

Apesar da área não abranger indícios e ocorrência de minerais metálicos, é amplo o aproveitamento dos recursos minerais não metálicos, com ênfase para argilas e materiais para construção civil, de aplicação apenas local.

A água mineral e os quartzitos extraídos como cascalho são os recursos mais freqüentes na área, utilizados na região. As argilas são restritas a Formação Eleutério, com boas especificações técnicas e aplicabilidade no mercado, alvo de diversos estudos tecnológicos.

Os metaconglomerados da referida unidade, apesar do padrão estético exótico semelhante a outros tipos comerciais bem valorizados, não ostentam maiores potencialidades como rochas ornamentais e para revestimento, frente ao modo de ocorrência restrito a pequenos blocos, contudo, sugere-se estudos detalhados envolvendo geofísica de sub-superfície associada a programas de sondagens para determinar o manto de intemperismo e possível potencialidade destes materiais. Já para os metarcóseos, apesar de serem detentores de boa qualificação tecnológica para fins ornamentais, não apresentam nenhuma potencialidade, uma vez que a grande maioria das exposições está em elevado estado de alteração; contudo, estes materiais representam promissora matéria prima para cerâmica refratária. Igualmente, tanto os granitóides do batólito Pinhal-Ipuiúna quanto os migmatitos estudados na área se mostram pouco promissores tanto para fins ornamentais quanto para britas em virtude de falta de maiores áreas de exposição de rochas sã.

Por fim, o relevo acidentado a montanhoso e presença de diversos rios de grande porte corresponde a elementos atrativos para o investimento em geoturismo, principalmente “caminhadas ecológicas”, atividade já existente na região. A cidade de Jacutinga está inserida no Circuito das Malhas do interior de Minas Gerais e recebe freqüentemente turistas para fins comerciais.

13. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

O conjunto de dados geológicos, litológico-petrográficos e estruturais obtidos no presente trabalho, adicionados às informações disponibilizadas na literatura, sobretudo geocronológicos, revela para a área investigada uma história geológica bastante complexa. Exibe evolução policíclica e polifásica marcada por diversos eventos metamórficos, magmáticos, anatéticos-migmatíticos e deformacionais superpostos que provavelmente retroagem ao Arqueano. Os eventos tectonometamórficos que permitem uma caracterização mais direta de seus produtos vinculam-se ao Paleoproterozóico e Neoproterozóico/Paleozóico. Os estudos efetuados demonstram de forma enfática que o grau de detalhe do conhecimento geológico no âmbito da área investigada, ou em termos de suas áreas contíguas, é ainda insuficiente para a elaboração de um modelo mais preciso acerca da evolução de sua história geológica.

Nesse capítulo procurar-se-á apresentar, com base no conjunto de informações expostas nos itens anteriores, incluindo as de âmbito regional disponibilizadas na literatura pertinente, um+

esboço preliminar da história evolutiva da área em foco conforme sintetizado na Tabela 6. Nestes termos a área teria sido palco dos seguintes eventos tectonometamórficos e magmáticos:

- no Mesoarqueano é gerado um substrato de natureza trondhjêmica, migmatizado há cerca de 3,3 Ga, conforme citações de Campos Neto e Cordani (1985; pag. 571) e Artur (1988) para leucossomas de migmatitos entre as cidades de Amparo e Morungaba. Amostras equivalentes da cidade de Amparo foram datadas por Wernick *et al.* (1986) que forneceram idade U-Pb de 2,47 Ga.;

- no Neoarqueano (ca. 2,9 Ga.) as associações litológicas anteriores são retrabalhadas e remigmatizadas com a preservação de dobras intrafoliares, sugerindo tratar-se de materiais mais antigos retrabalhados neste evento, conforme descrições contidas em Artur (1988), Wernick e Artur (1983a; 1983b; 1984) e Fetter *et al.* (2001) para a região leste do estado de São Paulo.

- no Paleoproterozóico as associações litológicas originais do Arqueano sofreram transformações que levaram a sua descaracterização parcial através de retrabalhamentos crustais, originando o Complexo Amparo (ARTUR, 1988). Idades Rb-Sr compatíveis com esse episódio na área de estudo e imediações (2,23 Ga para leucossomas de migmatitos próximo à Jacutinga/MG; 2,15 Ga para ortognaisses na região de Itapira/SP) são apresentadas por Artur (1980; 1988) e Wernick e Artur (1983a; 1983b; 1984). As condições nessa etapa são de anatexia e fusão parcial acompanhadas da geração de nova foliação de transposição metamórfica (S_{n-1}), vistas na área de estudo em alguns núcleos poupados pela foliação brasileira (S_n) e pela milonítica ($S_{n+1(m)}$) associada a uma tectônica de caráter localmente dúctil.

TABELA 6 – Síntese da evolução geológica da área.

IDADE	EVENTO	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS	GRAU METAMÓRFICO	FASE DEFORMACIONAL
Mesoarqueano (Contexto regional)	---	Geração do substrato, de natureza trondhjêmica?? em fluxo plástico	Acresção Juvenil Anatexia parcial	
Neoarqueano (Ciclo Jequié)	M1	Geração de migmatitos nas litologias pretéritas	Anfibolito/Anatexia/ Retrabalamento	Dn ₂
Paleoproterozoico (Ciclo Transamazônico)	M2	Retrabalamento das litologia Arqueanas com a geração do Complexo Amparo	Anfibolito/Anatexia/ retrabalamento	(Dn ₋₁) Sn ₋₁ /Sn _{-1(m)}
	---	Deposição do Grupo Itapira sobre o Complexo Amparo??	----	
Neoproterozoico (Ciclo Brasileiro)	M3	Metamorfismo do Complexo Amparo e geração do Grupo Itapira	Anfibolito Alto/Anatexia localizada	(Dn) Sn, Sn ₊₁ /Sn _{+1(m)}
	M4	Granitogênese do Batólito Pinhal	Anfibolito	
	M4 _(D)	Implantação da Zona de Cisalhamento	Milonitização	(Dn ₊₁) Sn _{+1(m)}
Fanerozóico	---	Deposição da bacia de Eleutério	---	---
	M5/RM5	Metamorfismo progressivo da Fm. Eleutério (M5) e retro-metamorfismo regional (RM5)	Xisto Verde baixo (zona da clorita)	---

- em período inserto, entre o Paleoproterozóico e o Neoproterozóico, inicia-se a implantação da bacia sedimentar sobre o substrato Arqueano responsável pela geração da sequência metavulcanossedimentar do Grupo Itapira. A sedimentação é marinha plataformar, representada por sedimentos clastos-psamíticos, arcoseanos, manganésífero e carbonático, provindo de áreas fonte arqueanas. Todo esse pacote é subductado em resposta a colisão dos blocos Paranapanema e Sanfranciscano (responsável pela granitogênese do batólito Pinhal) e metamorfoisado em fácies anfíbolito com anatexia local.
- no início do Ciclo Brasileiro (Neoproterozóico) a região é palco de novo evento tectonometamórfico, acompanhado de intensa magmatogênese, conduzindo ao metamorfismo da sequência vulcanossedimentar acima descrita com a geração do Grupo Itapira e ao intenso retrabalhamento crustal das litologias pretéritas arqueanas e transamazônicas representadas na área de estudo pelo Complexo Amparo. Associado a este evento ocorre ainda a geração do magmatismo relacionado ao batólito Pinhal-Ipuiúna;
- ainda no Ciclo Brasileiro, Neoproterozóico/Paleozóico, associado ao referido evento tectonometamórfico ocorre na região a implantação e desenvolvimento da zona de cisalhamento transcorrente Jacutinga de alto ângulo e direção predominantemente NE/SW, com componente dextral, responsável pela intensa milonitização ($S_{n+1(m)}$) que afeta as litologias pretéritas do Complexo Amparo, Grupo Itapira e batólito Pinhal-Ipuiúna;
- em fases tardias do Ciclo Brasileiro ocorrem reativações dessa zona de cisalhamento, que provoca um arqueamento das estruturas no Grupo Itapira, imprimindo a direção NE/SW próximo à zona de falha. As condições metamórficas situam-se em fácies anfíbolito médio, próximo a intrusão granítica, até xisto-verde alto nas rochas do Complexo Amparo e Grupo Itapira no início do evento retro-metamórfico. A zona de cisalhamento apresenta então um caráter mais rúptil e provoca a catáclase nas rochas afetadas;
- no final do ciclo Brasileiro (já no início do Paleozóico) ocorre a deposição da Formação Eleutério em uma bacia transcorrente de afastamento tipo “*pull-apart*”. A sedimentação é concomitante a subsidência provocada pela movimentação da falha. Após a sedimentação, ocorre o fechamento da bacia devido a mudança de regime transtensional para transpressional. O fechamento verticaliza os estratos e provoca sua subsidência, contemporânea ao regime de transtração, que pelo grau metamórfico chegou até 10km, aproximadamente. As condições metamórficas em toda a região estão em fácies xisto verde baixo e provoca o metamorfismo dos sedimentos recém depositados associado a hidrotermalismo;
- após a área estar relativamente estável, se inicia os processos erosivos, estabelecendo na área a superfície Japi, reconhecida por toda a extensão estudada. Os processos de epirogênese e erosão são contínuos, responsáveis pela configuração das calhas de drenagens atuais.

O potencial econômico da área é voltado principalmente para os recursos minerais não metálicos, com grande ênfase para as argilas cerâmicas da Fm. Eleutério. As rochas para fins ornamentais não ostentam potencialidade frente à falta de grandes áreas de exposição, apesar do padrão estético vistoso e boas propriedades mecânicas. Outros bens, como cascalho e britas são extraídos de forma esporádica e com aplicação local

Destaca-se que os dados geocronológicos disponíveis na literatura foram de grande importância para o entendimento da evolução da área. As análises estruturais e petrográficas foram ferramentas fundamentais para o desenvolvimento do trabalho, as quais, em parte, foi muito auxiliado pela grande acervo de lamina e amostras disponíveis na litoteca do DPM/IGCE/UNESP, além de fichas de campo referente a projetos executados na área. Os ensaios de difração de Raios X consistiram de ferramenta prática e mostraram-se de grande valia para a caracterização das amostras estudadas para fins de caracterização mineralógica.

Ressalta-se que a área carece de estudos em detalhe, principalmente análises geoquímicas e datações geocronológicas, que em muito ajudariam a tecer comentários mais concretos sobre a gênese, evolução local e melhor caracterizar os eventos tectônicos que atuaram na área. Esse trabalho pode não ter acrescentado muito ao conhecimento da geologia local, haja visto a grande quantidade de artigos, teses e dissertações específicas e bem completas enfocando a geologia da região de interesse, mas posso afirmar, sem sombra de dúvida, que seu desenvolvimento representara uma inestimável contribuição em termos do meu conhecimento e no tocante à minha formação profissional como futuro geólogo.

14. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas 1992a. Rochas para revestimento - análise petrográfica. 3 p. (ABNT-NBR 12768).
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas 1992b. Rochas para Revestimento - Determinação da massa específica aparente, porosidade aparente e absorção d'água aparente. 2 pgs. (ABNT-NBR 12766).
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas 1992c. Rochas para Revestimento - Determinação da resistência à compressão uniaxial. 2 pgs. (ABNT-NBR 12767).
- ALMEIDA, F.F.M.. 1964. Fundamentos geológicos do relevo paulista. In: "Geologia do Estado de São Paulo". São Paulo, Secretaria da Agricultura, IGC. Bol. 42:169-263.
- ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; BRITO-NEVES, B.B.; FUCK, R.A. Províncias estruturais brasileiras. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8. 1977. Campina Grande, PB. **Atas...** Campina Grande: Sociedade Brasileira de Geologia, 1977. p: 363-391.
- ARTUR, A.C. Rochas metamórficas dos arredores de Itapira – SP. 1980. 193 f.. Dissertação de Mestrado, IG/USP. São Paulo. 1980.
- ARTUR, A.C. Evolução policíclica da infra-estrutura da porção sul do estado de Minas Gerais e regiões adjacentes do estado de São Paulo. 1988. 231p. Tese de Doutorado (programa de pós-graduação em mineralogia e petrologia), IG/USP. São Paulo. 1988.

- ARTUR, A.C. 2003 - Complexo Granitóide Plurisserial Socorro: Geologia, Petrologia e Recursos Minerais. Tese de Livre-Docência apresentada ao IGCE/UNESP. 139 p.
- ARTUR, A.C.; WERNICK, E.; FIORI, A.P. Estruturas dobradas ao redor de Itapira-SP. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3 (1). 1981. Curitiba. **Atas...** Curitiba: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo SP. 1981: 252-261.
- ARTUR, A.C.; WERNICK, E.; KAWASHITA, K. Dobramentos superimpostos na região de Itapira (SP): caracterização e cronologia. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2 (1). 1979. Rio Claro. **Atas...** Rio Claro: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo SP. 1979: 59-69.
- BISTRICHI, C.A. *et al.* Mapa geológico do estado de São Paulo. Governo do São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas-IPT/Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia e Desenvolvimento/Programa de Desenvolvimento de Recursos Minerais – Pró-Minério/Companhia de Promoção de Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de São Paulo – PROMOCET. São Paulo. 1981. Mapa colorido, em duas partes. Escala 1:500.000. vol. 2. Acompanha legenda expandida.
- BIZZI, L.A. *et al.* Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas e SIG. Brasília: CPRM, 2003. 1 DVD-rom. Arquivo Digital em SIG.
- CAMPANHA, G.A.C.; FERNANDES, L.A.; GIMENEZ FILHO, A. Quadriculas Mogi Guaçu e Águas de Lindóia, São Paulo. 1ª jornada sobre a carta geológica do estado de São Paulo em 1:50.000. Pró- Minério/IPT: 137-165. 1983a.
- CAMPOS NETO, M.C. A Porção Ocidental da Faixa Alto Rio Grande - Ensaio de Evolução Tectônica. 1991. 210 f. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica), IG/USP. São Paulo. 1991.
- CAMPOS NETO, M.C. Orogenic systems from southwestern gondwana. An approach to brasiliano-pan african cycle and orogenic collage in southwestern Brazil. In: Cordani, U.G.; Milani, E.J.; Thomaz Filho, A.; Campos, D.A. (eds). Tectonic Evolution of South America Rio de Janeiro: 31º Internacional Geological Congress, 2000. P: 335-365.
- CAMPOS NETO, M.C. & CORDANI, U.G. Evolução do Pré-Cambriano Paulista e regiões adjacentes. In: Simpósio Regional de Geologia, 2(1). 1985. São Paulo. **Atas..** São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo SP. 1985: 2:561-585.
- In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2 (1). 1979. Rio Claro. **Atas...** Rio Claro: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo SP. 1979: 59-6
- CAMPOS NETO, M.C., BASEI, M. A. S.; ALVES, F. R.; VASCONCELOS, A. C. B. A Nappe de Cavalcamento Socorro (SP/MG). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33(4). 1984. Rio de Janeiro **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia, 1984. p: 1809-1822.
- CAMPOS NETO, M.C.; JANASI, V.A.; BASEI, M.A.S.; SIGA JR, O. Sistema de nappes Andrelândia, setor oriental: litoestratigrafia e posição estratigráfica. Rev. Bras. Geoc, v. 37 (suplemento): 47-60. 2007
- CAMPOS NETO, M.C.; BASEI, M.A.S.; VLACH, S.R.F.; CABY, R.; SZABÓ, G.A.J.; VASCONCELOS, P. Migração de orógenos e superposição de orogêneses: um esboço da colagem brasileira no sul do cráton do São Francisco, SE – Brasil. Revista do Instituto de Geociências – USP. Geol. USP Sér. Cient., São Paulo. 4(1):13-40. 2004
- CAVALCANTE, J.C. *et al.* 1979. Projeto Sapucaí: Relatório Final, esc. 1:250.000. São Paulo: DNPM/CPRM, 1979. (Série Geologia, 4; Seção Geológica, 2):229p
- DARDENE, M.A.; SCHOBENHAUS, C. The metallogenesis of the South American Platform. In: CORDANI, U.G.; MILANI, E.J.; THOMAZ FILHO, A.; CAMPOS, D.A. (eds) Tectonic Evolution of South America. Rio de Janeiro: 31º Internacional Geological Congress, 2000. pgs 755-850.
- DELGADO, I.M. *et al.* 2003 Geotectônica do Escudo Atlântico. In: BIZZI, A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R.M.; GONCALVES, J.H. (editores). Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: textos mapas e SIG. Brasília: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2003. pgs 227-333

- EBERT, H. Os Paraibídes entre São João Dei Rei, Minas Gerais, e Itapira, São Paulo, e a bifurcação entre Paraibídes e Araxaídes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25(Boletim Especial, 1). 1984. São Paulo. **Resumo das comunicações...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1971. p: 177-178.
- EBERT, H. O grupo Eleutério e a falha de Jacutinga. Boletim Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo RGS. Resumo das comunicações. p 726-730. 1974
- EBERT, H. (*in memoriam*) Aspectos da geologia da região de São João Del Rei – Os Paraibides entre São João Del Rei e Itapira e a bifurcação entre os Paraibides e Araxaídes. SBG - Núcleo São Paulo. Edição Especial 12. 1984.
- FETTER, A.H.; HACKSPACHER, P.C.; EBERT, H.D.; DANTAS, E.L.; COSTA, A.C.D. da. New Sm/Nd and U/Pb geochronological constraints on the archean to neoproterozoic evolution of the Amparo basement complex of the central Ribeira Belt, southeastern Brasil. *II South Amer. Symp. Isotope Geology., Extended Abstract* 125-128. 2001.
- HADDAD, R.C. O batólito granitóide Pinhal Ipuíuna (SP-MG): um exemplo de magmatismo cálcio alcalino potássico neoproterozóico no sudeste brasileiro. 1995, 257p. Tese de Doutorado (programa de pós-graduação em mineralogia e petrologia), IG/USP. São Paulo. 1995.
- HASUI, Y.; OLIVEIRA, M.A.F. Província Mantiqueira - Setor Central. In: Almeida e Hasui (Coord.). O Pré-Cambriano do Brasil. ed. Edgar Blücher Ltda. 1984. pgs. 308-344.
- HASUI, Y.; ALMEIDA, F.F.M.; BRITO-NEVES, B.B. As estruturas brasileiras. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 30 (6), 1978, Recife, **Anais...**, Sociedade Brasileira de Geologia, Recife, 1978, p.2423-2437.
- HASUI, Y.; EBERT. H.D.; COSTA, J.B.S. Estruturação da extremidade oriental da chamada cunha de Guaxupé: dados preliminares. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 36 (5), 1990, Natal, **Anais...**, Sociedade Brasileira de Geologia, Natal, 1990, p. 2296-2308.
- HASUI, Y.; FONSECA, M.J.G.; RAMALHO, R. 1984. A parte central da região de dobramentos sudeste e o maciço mediano de Guaxupé. In: Schobbenhaus, C.; Campos, D.A.; Derze, G.R.; Asmus, H.E. (coord). Geologia do Brasil, texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais, escala 1:2.500.000. Brasília, Departamento Nacional de Produção Mineral, 1984. pgs 307-325
- HEILBRON, M. *et al.* Provincia Mantiqueira. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTOLRELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R.; BRITO-NEVES, B.B. (org). Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: Beca, 2004b. pgs 203-234
- HEILBRON, M.; VALERIANO, C.M.; TASSINARI, C.C.G., ALMEIDA, J.; TUPINAMBÁ, M.; SIGA JR, O.; TROUW, R.A.J. Correlation of the neoproterozoic terranes between the Ribeira belt, SE Brazil and its african counterpart: comparative tectonic evolution and open questions. In: PANKHURST, R.J., TROUW. R. A. J., BRITO-NEVES. B. B. DE WIT. M, J, (eds). West Gondwana: Pre-Cenozoic Correlations Across the South Atlantic Region. Geological Society, London, Especial Publications, 294. 2008. pgs:211-237.
- JANASI, V.A. 1999. Petrogênese de granitos crustais na nappe de empurrão Socorro-Guaxupé (SP-MG): uma contribuição da geoquímica elemental e isotópica. Tese Pós-Doutorado, IG/USP, 304 pp.
- LAZARINI, A.P. Evolução tectono-metamórfica das rochas máficas e ultramáficas da região de Águas de Lindóia e Arcadas, Estado de São Paulo. 2008. 140 fls. Tese de Doutorado (Área de concentração em geologia regional), IGCE-UNESP. Rio Claro. 2008
- LEITE, C.A.S. *et al.* 2004. Folha SF.23-Rio de Janeiro. In: SCHOBHENHAUS, C., GONÇALVES, J.H., SANTOS, J.O.S., ABRAM, M.B., LEÃO NETO, R. , MATOS, G.M.M., VIDOTTI, R.M., RAMOS, M.A.B., JESUS, J.D.A. de (eds.). Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Sistema de Informações Geográficas. Programa Geologia do Brasil. CPRM, Brasília. CD-ROM.
- MACHADO FILHO, L. *et al.* 1983. Geologia; In: Brasil-DNPM. Projeto RADAM-BRASIL. Folhas SF-23-Rio de Janeiro e SF-24 Vitória, Rio de Janeiro. Vol. 32 (levantamento de Recursos Naturais), 775p.

- MORAIS, S.M. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil: Integração Geológica da Folha Campinas. Escala 1:250.000 SF-23-Y-A. Estados de São Paulo e Minas Gerais. [Nota Explicativa]/ Organizado por Silva Maria Morais – São Paulo: CPRM, 1999. 26 p; 1 mapa colorido. Projeto Integração Geológico-Metalogenética da Folha Rio de Janeiro SF-23 Executado pela CPRM: Superintendência Regional de São Paulo.
- MOTTA, J.F.M. As materias-primas cerâmicas e o estudo de três casos de rochas fundentes. 2000. 288 fls. Tese de Doutorado (Programa em geologia regional), IGCE-UNESP. Rio Claro. 2000.
- NAVARRO, F.C. Caracterização Petrográfica como técnica para a previsão do comportamento físico e mecânico de “granitos” ornamentais. Dissertação de Mestrado IGCE/UNESP, Rio Claro, SP. 2002. 88p.
- OLIVEIRA, J.B. *ET AL.* 1999. Mapa pedológico do estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo. 4 mapas, color., 68 cm x 98 cm. Escala 1:500.000. Acompanha legenda expandida
- PELOGGIA, A.U.G. A Faixa Alto Rio Grande na Região de Amparo (SP). 1990. 124 p Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-graduação em Geoquímica e Geotectônica) – IG/USP, São Paulo, 1990.
- PERROTTA, M. M.; SALVADOR, E.D. (coord.) Geologia e Recursos Minerais do Estado de São Paulo - Escala 1:750.000. Sistema de informações Geográficas – SIG. CPRM – Serviço Geológico do Brasil. CD-ROM, 2006.
- PONÇANO, W.L (coord.). 1981. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. Governo do São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas-IPT/Secretaria da Indústria, Comercio, Ciência e Tecnologia e Desenvolvimento/Programa de Desenvolvimento de Recursos Minerais – Pró Minério/Companhia de Promoção de Pesquisa Científica e Tecnológica do estado de São Paulo – PROMOCET. Vol.1. Escala 1:500.000, São Paulo, IPT 2 - publicação 1183 (série monografias 5), 1981, 41p.
- RODRIGUES, J.E. O Falhamento Transcorrente de Jacutinga. 1976, 43pgs. Dissertação de Mestrado (programa de pós-graduação em geologia geral de aplicação), IG/USP. São Paulo, 1976.
- RODRIGUES, E. DE P.; CHIODI FILHO; COUTINHO, J.J.M. 1997. Importância da petrografia para a previsão do comportamento e da durabilidade de rochas ornamentais. *Rochas & Equipamentos*, v. 47, 2p. Lisboa - Portugal.
- ROLDAN, A.A. Estudo de viabilidade técnico-econômica dos metassedimentos da formação Eleutério. 2000. 120pgs. Trabalho de conclusão de curso (curso de graduação em geologia), IGCE-UNESP. Rio Claro, 2000
- SCHOBENHAUS, C.; BRITO-NEVES, B.B. A geologia do Brasil no contexto da plataforma sul-americana. In: BIZZI, A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R.M.; GONCALVES, J.H. (editores). *Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: textos mapas e SIG*. Brasília: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2003. pgs. 5-54
- TEIXEIRA, A.L. Ambientes geradores dos sedimentos da bacia Eleutério. 1995, 122 pgs. Dissertação de Mestrado (programa de pós-graduação em geologia sedimentar), IG/USP. São Paulo. 1995
- TEIXEIRA, A.L.; GAUCHER, C. Bacias do estágio de transição dos setores meridional (parcial) e central da província Mantiqueira. In: Mantesso-Neto, V.; bartolrelli, A.; Carneiro, C.D.R.; Brito-Neves, B.B. (org). *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca, 2004. pgs 503-524
- TEIXEIRA, A.L.; CORDANI, U.G.; NUTMAN, A.P. Idades U/Pb (*SHRIMP*) de seixo riolítico em metaconglomerado da bacia Eleutério, estado de São Paulo. *Anais Academia Brasileira de Ciência*, 71 (4-1): 837. 1999
- TROUW, R.A.J. *et al.* The central segment of the Ribeira Belt. In: Cordani, U.G.; Milani, E.J.; Thomaz Filho, A.; Campos, D.A. (eds). *Tectonic Evolution of South America*. Rio de Janeiro: 31º Internacional Geological Congress, 2000. pgs 287-310
- VASCONCELLOS, A.C.B.C.; JANASI, V.A. Mapeamento faciológico do batólito granitóide cálcio alcalino de Pinhal Ipuíuna (MG). In: Simpósio de Geologia Núcleo Minas Gerais, 5 e Simpósio de Geologia Núcleo Brasília, 1. 1989. *Atas...* Sociedade Brasileira de Geologia, 1989, p 65-69.

- WERNICK, E. Contribuição a geologia do maciço de Guaxupé, SP e MG. Anais Academia Brasileira de Ciência. 50 (3): 337-352. 1978
- WERNICK, E.; ARTUR, A.C. 1983a. Evolução de Terrenos Arqueanos no Leste do Estado de São Paulo e sul de Minas Gerais. In: Simpósio de Geologia de Minas Gerais, 2 - Geologia do Pré-Cambriano, 3. **Atas...** Belo Horizonte. Sociedade Brasileira de Geologia. 1983a. 50-62.
- WERNICK, E.; ARTUR, A.C. 1983b. Regenerações sucessivas de Terrenos Arqueanos no leste do Estado de São Paulo e sul de Minas Gerais. In: Simpósio Regional de Geologia, 4. 1983. **Atas...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo SP. 1983b. 17-31.
- WERNICK, E.; PENALVA, F. As relações entre os grupos Amparo e Itapira (SP) In: Congresso Brasileiro de Geologia, 27. São Paulo, 1973. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1973, p 116-117.
- WERNICK, E.; PENALVA, F. Depósitos molassóides da formação Eleutério, São Paulo - Minas Gerais. Boletim Sociedade Brasileira de Geologia, Nucleo RGS. Resumo das comunicações. p723-726. 1974
- WERNICK, E.; PENALVA, F. Contribuição à geologia do grupo Pinhal (SP e MG). Rev. Bras. Geoc., 10:43-62. 1980b
- WERNICK, E.; OLIVEIRA, M.A.F.; KAWASHITA, K.; CORDANI, U.G. Estudos geocronológico pelo método Rb/Sr em rochas do bloco Jundiá e regiões adjacentes. Rev. Bras. Geoc., 6(2):125-135. 1976.
- ZANARDO, A. Análise petrográfica e microestrutural das rochas da folha Águas de Lindóia (SP). 1987. 270ps. Dissertação de Mestrado (programa de pós-graduação em mineralogia e petrologia), IG/USP. São Paulo. 1987.
- ZANARDO, A. Pesquisa geológica e de matérias-primas cerâmicas do centro nordeste do estado de São Paulo e vizinhanças. 2003, 283ps. Tese (livre-docência) Instituto de Geociências e Ciências Exatas - UNESP, Rio Claro, 2003.
- ZANARDO, A., OLIVEIRA, M.A.F. Aspectos microestruturais e texturais dos metassedimentos da formação Eleutério. Geociências, São Paulo, (nº esp.): 317-330. 1990.
- ZANARDO, A., OLIVEIRA, M.A.F., MORALES, N. Contribuição ao conhecimento da formação Eleutério. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 35(5). Belém, Pará, 1988. **Anais...** Belém: Sociedade Brasileira de Geologia, 1988, p2308-2317.
- ZANARDO, A., OLIVEIRA, M.A.F., MORALES, N. Evolução geológica das rochas pré-cambrianas da região de Águas de Lindóia. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 36(4). Natal, 1990. **Anais...** Natal: Sociedade Brasileira de Geologia, 1990, p 1956-1967.

Rio Claro, 14 de dezembro de 2009.

Alexandre Francisco Petolchckny
- aluno -

Prof. Dr. Antonio Carlos Artur
- orientador -

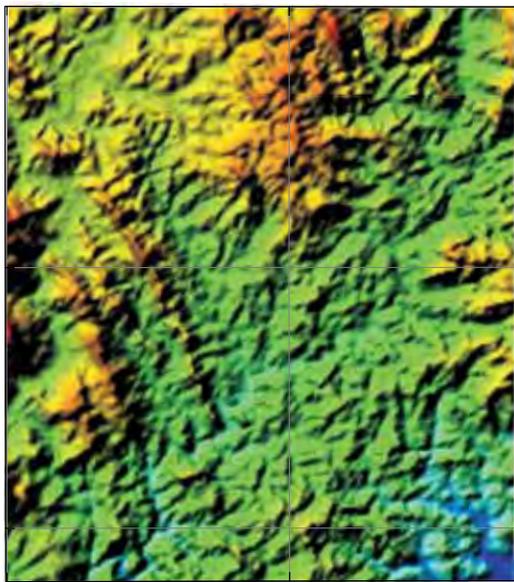
A N E X O

1

MAPA TOPOGRÁFICO E DE AFLORAMENTOS

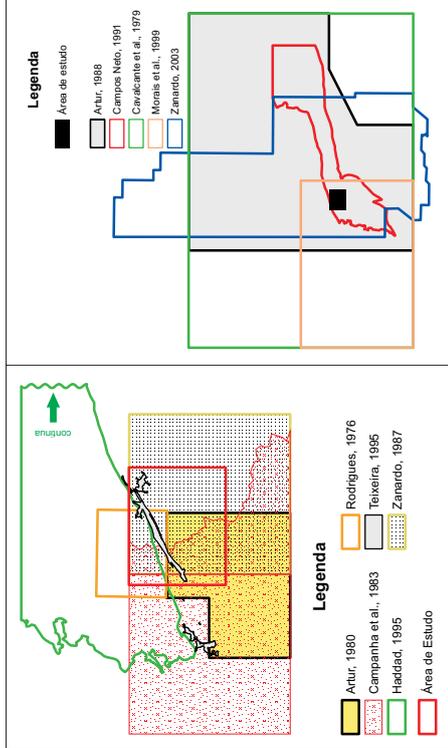
MODELO DIGITAL DO TERRENO

46°47'W 46°47'W



0 2,5 5 10 15 20 25 30 km

FONTES CONSULTADAS DOS LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS DA ÁREA DE ESTUDO



unesp UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Rio Claro

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

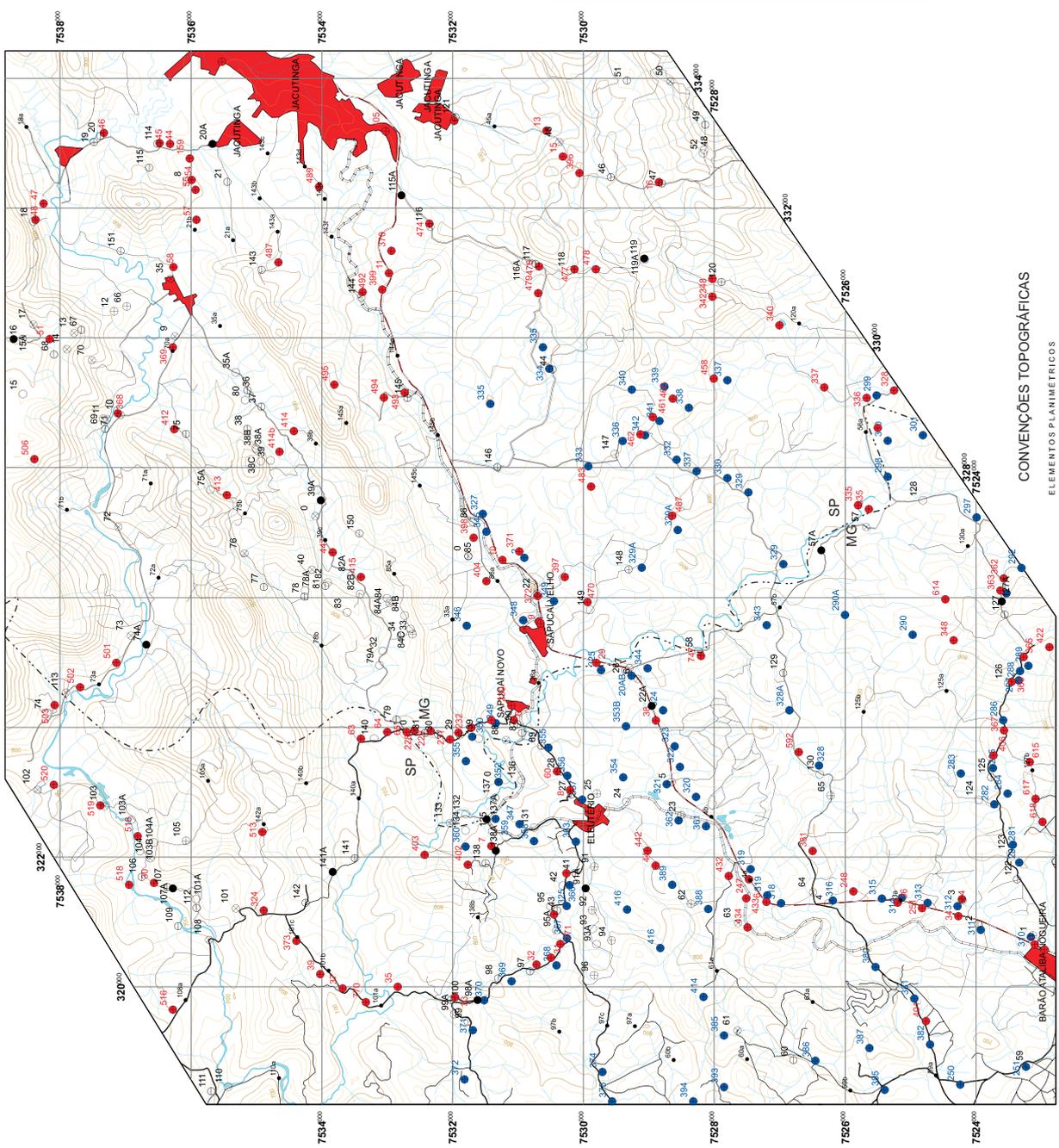
CURSO DE GEOLOGIA
TRABALHO DE FORMATURA
2009
MODALIDADE INDIVIDUAL
RELATORIO FINAL

Projeto:
MAPEAMENTO GEOLÓGICO-ESTRUTURAL E POTENCIAL
ECONOMICO DOS ARREDORES DE JACUTINGA - MG

Autor: Alexandre Francisco Petelichny
Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Artur
Co-orientador: Prof. Dr. Luiz Sergio Amarante Simões
DPM/IGCE/UNESP

MAPA TOPOGRÁFICO E DE AFLORAMENTOS

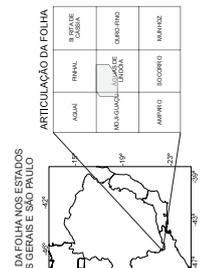
ANEXO 1



CONVENÇÕES TOPOGRÁFICAS

- ELEMENTOS PLANIMÉTRICOS**
- Ilha, Escola, Mita
 - Edifício, Edificação de saúde
 - Campo de emergência, Farol
 - Zonas urbanizadas
 - Rodovias
 - ferrovias
 - parqueamento
 - sem pavimentação
 - sem pavimentação
 - rua, calçada e praça
 - linha, contorno e praia
 - Divers Estuário
- ELEMENTOS DE HIDROGRAFIA**
- Curso d'água intermitente
 - Lago ou lagoa intermitente

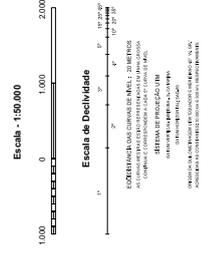
SITUAÇÃO DA FOLHA NOS ESTADOS DE MINAS GERAIS E SÃO PAULO



ARTICULAÇÃO DA FOLHA

111	112	113	114
115	116	117	118
119	120	121	122
123	124	125	126
127	128	129	130
131	132	133	134
135	136	137	138
139	140	141	142
143	144	145	146
147	148	149	150
151	152	153	154
155	156	157	158
159	160	161	162
163	164	165	166
167	168	169	170
171	172	173	174
175	176	177	178
179	180	181	182
183	184	185	186
187	188	189	190
191	192	193	194
195	196	197	198
199	200	201	202
203	204	205	206
207	208	209	210
211	212	213	214
215	216	217	218
219	220	221	222
223	224	225	226
227	228	229	230
231	232	233	234
235	236	237	238
239	240	241	242
243	244	245	246
247	248	249	250
251	252	253	254
255	256	257	258
259	260	261	262
263	264	265	266
267	268	269	270
271	272	273	274
275	276	277	278
279	280	281	282
283	284	285	286
287	288	289	290
291	292	293	294
295	296	297	298
299	300	301	302
303	304	305	306
307	308	309	310
311	312	313	314
315	316	317	318
319	320	321	322
323	324	325	326
327	328	329	330
331	332	333	334
335	336	337	338
339	340	341	342
343	344	345	346
347	348	349	350
351	352	353	354
355	356	357	358
359	360	361	362
363	364	365	366
367	368	369	370
371	372	373	374
375	376	377	378
379	380	381	382
383	384	385	386
387	388	389	390
391	392	393	394
395	396	397	398
399	400	401	402
403	404	405	406
407	408	409	410
411	412	413	414
415	416	417	418
419	420	421	422
423	424	425	426
427	428	429	430
431	432	433	434
435	436	437	438
439	440	441	442
443	444	445	446
447	448	449	450
451	452	453	454
455	456	457	458
459	460	461	462
463	464	465	466
467	468	469	470
471	472	473	474
475	476	477	478
479	480	481	482
483	484	485	486
487	488	489	490
491	492	493	494
495	496	497	498
499	500	501	502
503	504	505	506
507	508	509	510
511	512	513	514
515	516	517	518
519	520	521	522
523	524	525	526
527	528	529	530
531	532	533	534
535	536	537	538
539	540	541	542
543	544	545	546
547	548	549	550
551	552	553	554
555	556	557	558
559	560	561	562
563	564	565	566
567	568	569	570
571	572	573	574
575	576	577	578
579	580	581	582
583	584	585	586
587	588	589	590
591	592	593	594
595	596	597	598
599	600	601	602
603	604	605	606
607	608	609	610
611	612	613	614
615	616	617	618
619	620	621	622
623	624	625	626
627	628	629	630
631	632	633	634
635	636	637	638
639	640	641	642
643	644	645	646
647	648	649	650
651	652	653	654
655	656	657	658
659	660	661	662
663	664	665	666
667	668	669	670
671	672	673	674
675	676	677	678
679	680	681	682
683	684	685	686
687	688	689	690
691	692	693	694
695	696	697	698
699	700	701	702
703	704	705	706
707	708	709	710
711	712	713	714
715	716	717	718
719	720	721	722
723	724	725	726
727	728	729	730
731	732	733	734
735	736	737	738
739	740	741	742
743	744	745	746
747	748	749	750
751	752	753	754
755	756	757	758
759	760	761	762
763	764	765	766
767	768	769	770
771	772	773	774
775	776	777	778
779	780	781	782
783	784	785	786
787	788	789	790
791	792	793	794
795	796	797	798
799	800	801	802
803	804	805	806
807	808	809	810
811	812	813	814
815	816	817	818
819	820	821	822
823	824	825	826
827	828	829	830
831	832	833	834
835	836	837	838
839	840	841	842
843	844	845	846
847	848	849	850
851	852	853	854
855	856	857	858
859	860	861	862
863	864	865	866
867	868	869	870
871	872	873	874
875	876	877	878
879	880	881	882
883	884	885	886
887	888	889	890
891	892	893	894
895	896	897	898
899	900	901	902
903	904	905	906
907	908	909	910
911	912	913	914
915	916	917	918
919	920	921	922
923	924	925	926
927	928	929	930
931	932	933	934
935	936	937	938
939	940	941	942
943	944	945	946
947	948	949	950
951	952	953	954
955	956	957	958
959	960	961	962
963	964	965	966
967	968	969	970
971	972	973	974
975	976	977	978
979	980	981	982
983	984	985	986
987	988	989	990
991	992	993	994
995	996	997	998
999	1000	1001	1002

Escala - 1:50.000



COORDENADAS UTM DE CORNER DE REDE: 20MUTORS
46°47'W 46°47'W
7534°E 7534°E
SISTEMA DE PROJEÇÃO: UTM
DATUM: WGS 84
UNIDADE DE MEDIDA: METRO

**A
N
E
X
O**

2

**MAPA GEOLÓGICO-ESTRUTURAL E
OCORRÊNCIAS MINERAIS**

**PLANILHAS DE ENSAIO DE CARACTERIZAÇÃO
TECNOLÓGICA DOS METACONGLOMERADOS
E METARCÓSEO DA FORMAÇÃO ELETÉRIO PARA FINS
ORNAMENTAIS**

Ensaio para Determinação de Índices Físicos - Norma - NBR - 12.766

Amostra: Metaconglomerado

data: 21/8/2009

Procedência: Jacutinga-MG

Interessado: Alexandre - TCC 2009

CP num.	PESO (g)			Massa Específica (g/cm ³)		Porosidade %	Abs. d'água %
	Sub (A)	Sat (B)	Seco (C)	Seca	Saturada		
1	208,48	327,65	326,88	2,743	2,749	0,65	0,24
2	222,39	351,08	350,27	2,722	2,728	0,63	0,23
3	227,82	355,71	355,22	2,778	2,781	0,38	0,14
4	219,58	345,14	344,62	2,745	2,749	0,41	0,15
5	216,30	338,19	337,64	2,770	2,775	0,45	0,16
6	220,35	346,88	346,31	2,737	2,741	0,45	0,16
7	212,06	331,31	330,74	2,774	2,778	0,48	0,17
8	227,16	357,38	356,68	2,739	2,744	0,54	0,20
9	214,42	336,78	336,27	2,748	2,752	0,42	0,15
10	237,46	374,47	373,89	2,729	2,733	0,42	0,16
Valores Médios:				2,748	2,753	0,48	0,18
Desvio Padrão:				0,019	0,019	0,092	0,034

Fórmulas utilizadas:
m.e.seca = C / (B - A)
m.e.satur. = B / (B - A)
porosidade = (B-C) / (B-A) x 100
abs. d'água = (B-C) / C x 100

OBS.:

Ensaio para Determinação de Índices Físicos - Norma - NBR - 12.766

Amostra: Metarcóseo

data:

Procedência: Jacutinga-MG - Roldan, 2000

Interessado:

CP num.	PESO (g)			Massa Específica (g/cm ³)		Porosidade %	Abs. d'água %
	Sub (A)	Sat (B)	Seco (C)	Seca	Saturada		
1	242,82	387,06	386,24	2,678	2,683	0,57	0,21
2	226,58	362,85	362,05	2,657	2,663	0,59	0,22
3	255,52	407,11	406,32	2,680	2,686	0,52	0,19
4	257,96	411,07	410,26	2,680	2,685	0,53	0,20
5	227,87	362,94	362,24	2,682	2,687	0,52	0,19
6	233,05	372,44	371,57	2,666	2,672	0,62	0,23
7	232,96	371,86	371,04	2,671	2,677	0,59	0,22
8	246,96	395,33	394,53	2,659	2,664	0,54	0,20
9	226,91	361,42	360,73	2,682	2,687	0,51	0,19
Valores Médios:				2,673	2,678	0,55	0,21
Desvio Padrão:				0,010	0,010	0,039	0,015

Fórmulas utilizadas: m.e.seca = C / (B - A)
m.e.satur. = B / (B - A)
porosidade = (B-C) / (B-A) x 100
abs. d'água = (B-C) / C x 100

OBS.:

Ensaio para Determinação de Índices Físicos - Norma - NBR - 12.766

Amostra: Metarcnglomerado

data:

Procedência: Jacutinga-MG - Roldan, 2000

Interessado:

CP num.	PESO (g)			Massa Específica (g/cm ³)		Porosidade %	Abs. d'água %
	Sub (A)	Sat (B)	Seco (C)	Seca	Saturada		
1	206,00	318,99	318,68	2,820	2,823	0,27	0,10
2	212,53	325,03	324,25	2,882	2,889	0,69	0,24
3	210,71	326,96	326,69	2,810	2,813	0,23	0,08
4	205,62	319,92	319,54	2,796	2,799	0,33	0,12
5	208,64	323,02	322,65	2,821	2,824	0,32	0,11
6	209,00	321,19	320,91	2,860	2,863	0,25	0,09
7	205,16	318,13	317,79	2,813	2,816	0,30	0,11
8	200,47	312,89	312,65	2,781	2,783	0,21	0,08
9	202,70	314,43	314,18	2,812	2,814	0,22	0,08
10	199,68	309,07	308,76	2,823	2,825	0,28	0,10
Valores Médios:				2,822	2,825	0,31	0,11
Desvio Padrão:				0,029	0,030	0,140	0,048

Fórmulas utilizadas: m.e.seca = C / (B - A)
m.e.satur. = B / (B - A)
porosidade = (B-C) / (B-A) x 100
abs. d'água = (B-C) / C x 100

OBS.:

Ensaio de Resistência ao Desgaste Abrasivo (Método Amsler) - Norma-NBR 12.042

Amostra: Metaconglomerado

data: 20/8/2009

Procedência: Jacutinga - MG

Interessado: Alexandre-TCC 2009

Corpo de Prova	Leit. Iniciais (mm)		Leit. 500m (mm)		Leit. 1000m (mm)		Desgaste 500m (Li - L500m) (mm)		Desgaste 1000m (Li - L1000m) (mm)		Média (500m)	Média (1000m)	
	canto		canto		canto		(Li - L500m) (mm)		(Li - L1000m) (mm)				
1	1	8,68	1	8,34	1	7,97	0,34	0,71	0,347	0,812			
	2	8,74	2	8,41	2	7,96	0,33	0,78					
	3	8,76	3	8,36	3	7,84	0,40	0,92					
	4	8,64	4	8,32	4	7,80	0,32	0,84					
2	1	8,25	1	8,01	1	7,69	0,24	0,56	0,343	0,688			
	2	8,22	2	7,86	2	7,56	0,36	0,66					
	3	8,28	3	7,84	3	7,45	0,44	0,83					
	4	8,26	4	7,93	4	7,56	0,33	0,70					
											média entre os corpos de prova	0,34	0,75
											desvio padrão	0,00	0,09

Obs:

Ensaio de Resistência ao Desgaste Abrasivo (Método Amsler) - Norma-NBR 12.042

Amostra: Metarcóseo

data:

Procedência: Jacutinga - MG - Roldan, 2000

Interessado:

Corpo de Prova	Leit. Iniciais (mm)		Leit. 500m (mm)		Leit. 1000m (mm)		Desgaste 500m (Li - L500m) (mm)	Desgaste 1000m (Li - L1000m) (mm)	Média (500m)	Média (1000m)
	canto		canto		canto					
1	1	5,26	1	4,85	1	4,52	0,41	0,74	0,420	0,753
	2	5,25	2	4,89	2	4,40	0,36	0,85		
	3	5,24	3	4,80	3	4,44	0,44	0,80		
	4	5,25	4	4,78	4	4,63	0,47	0,62		
2	1	4,88	1	4,67	1	4,22	0,21	0,66	0,455	0,923
	2	5,14	2	4,61	2	4,27	0,53	0,87		
	3	5,36	3	4,65	3	4,17	0,71	1,19		
	4	5,12	4	4,75	4	4,15	0,37	0,97		
							média entre os corpos de prova		0,44	0,84
							desvio padrão		0,02	0,12

Obs:

Ensaio de Resistência ao Desgaste Abrasivo (Método Amsler) - Norma-NBR 12.042

Amostra: Metarconglomerado

data:

Procedência: Jacutinga - MG - Roldan, 2000

Interessado:

Corpo de Prova	Leit. Iniciais (mm)		Leit. 500m (mm)		Leit. 1000m (mm)		Desgaste 500m (Li - L500m) (mm)	Desgaste 1000m (Li - L1000m) (mm)	Média (500m)	Média (1000m)
	canto		canto		canto					
1	1	4,55	1	4,18	1	4,01	0,37	0,54	0,330	0,600
	2	4,55	2	4,25	2	4,07	0,30	0,48		
	3	4,60	3	4,34	3	3,95	0,26	0,65		
	4	4,65	4	4,26	4	3,92	0,39	0,73		
2	1	3,89	1	3,69	1	3,38	0,20	0,51	0,293	0,608
	2	3,95	2	3,56	2	3,28	0,39	0,67		
	3	3,87	3	3,55	3	3,15	0,32	0,72		
	4	3,79	4	3,53	4	3,26	0,26	0,53		
							média entre os corpos de prova		0,31	0,60
							desvio padrão		0,03	0,01

Obs:

Ensaio de Resistência à Compressão Uniaxial - Norma - NBR - 12.767/1992

Amostra: Metaconglomerado

data: 21/8/2009

Procedência: Jacutinga - MG

Interessado: Alexandre - TCC 2009

CP	dimensões dos corpos-de-prova (mm)										Força	Tensão	
num	h	b				média	d				média	kN	MPa
		1	2	3	4		1	2	3	4			
1	73,87	73,70	73,40	73,57	73,52	73,55	73,77	73,96	74,09	73,83	73,91	872,1	160,4
2	74,44	73,78	73,92	73,95	73,81	73,87	74,48	74,64	74,61	74,49	74,56	741,3	134,6
3	74,60	74,51	74,47	74,38	74,47	74,46	74,26	74,04	73,98	74,04	74,08	812,5	147,3
4	74,06	74,01	74,36	74,46	74,24	74,27	74,36	74,13	74,01	74,16	74,17	661,9	120,2
5	73,34	74,44	74,34	73,96	74,16	74,23	74,96	74,87	74,59	74,45	74,72	672,3	121,2
Média:						74,07					74,29	752	136,7
Desvio Padrão:						0,363					0,337	90,37	17,27

VELOCIDADE DO PULSO ULTRA-SÔNICO			
CP	tempo (ms)	dist. (mm)	veloc. (m/s)
1	12,4	73,87	5957
2	16,3	74,44	4567
3	13,2	74,60	5652
4	13,6	74,06	5446
5	13,2	73,34	5556
Média:			5435
Desvio Padrão:			521,55

1kN = 101,971 kgf

1kgf = 9,80665 N

Tensão = $\frac{\text{Força de ruptura}}{\text{Área do Corpo}}$

com congelamento/degelo
 sem congelamento/degelo

seca em estufa à 110° C
 saturado em água

Ensaio de Resistência à Compressão Uniaxial - Norma - NBR - 12.767/1992

Amostra: Metarcóseo

data:

Procedência: Jacutinga - MG - Roldan, 2000

Interessado:

CP	dimensões dos corpos-de-prova (mm)										Força	Tensão	
num	h	b				média	d				média	kN	MPa
		1	2	3	4		1	2	3	4			
1	71,04	72,86	72,27	72,51	73,05	72,67	73,80	73,87	74,17	73,27	73,78	834,7	155,7
2	71,14	73,23	72,98	73,49	73,44	73,29	72,69	72,11	72,55	73,02	72,59	919,9	172,9
3	72,98	73,08	73,74	73,31	73,88	73,50	73,20	72,18	73,70	72,98	73,02	990,6	184,6
4	72,42	73,05	72,86	72,32	72,54	72,69	72,94	72,75	71,84	71,77	72,33	1052,1	200,1
5	72,11	73,70	73,14	74,08	74,03	73,74	73,24	73,26	73,90	73,94	73,59	1036,2	191,0
Média:						73,18					73,06	966,66	180,8
Desvio Padrão:						0,48					0,623	89,88	17,20

VELOCIDADE DO PULSO ULTRA-SÔNICO			
CP	tempo (ms)	dist. (mm)	veloc. (m/s)
1	14,0	71,04	5074
2	13,4	71,14	5309
3	13,0	72,98	5614
4	14,0	72,42	5173
5	13,4	72,11	5381
Média:			5310
Desvio Padrão:			207,23

1kN = 101,971 kgf

1kgf = 9,80665 N

Tensão = $\frac{\text{Força de ruptura}}{\text{Área do Corpo}}$

com congelamento/degelo
 sem congelamento/degelo

seca em estufa à 110° C
 saturado em água

Ensaio de Resistência à Compressão Uniaxial - Norma - NBR - 12.767/1992

Amostra: Metarconglomerado

data:

Procedência: Jacutinga - MG - Roldan, 2000

Interessado:

CP	dimensões dos corpos-de-prova (mm)										Força	Tensão	
num	h	b				média	d				média	kN	MPa
		1	2	3	4		1	2	3	4			
1	70,33	70,34	70,71	70,70	70,09	70,46	70,95	72,26	70,64	71,91	71,44	888,7	176,6
2	69,64	71,12	71,11	71,19	71,30	71,18	71,99	72,27	71,49	71,93	71,92	710,6	138,8
3	69,19	72,35	71,18	71,72	72,60	71,96	72,32	71,29	70,85	70,66	71,28	784,6	152,9
4	69,05	72,21	72,43	72,25	72,57	72,37	71,46	71,44	72,07	72,06	71,76	723,7	139,4
5	69,92	71,11	71,26	70,17	70,79	70,83	71,80	71,19	71,94	71,35	71,57	589,6	116,3
Média:						71,36					71,59	739,42	144,8
Desvio Padrão:						0,79					0,253	109,38	22,09

VELOCIDADE DO PULSO ULTRA-SÔNICO			
CP	tempo (ms)	dist. (mm)	veloc. (m/s)
1	12,4	70,33	5672
2	16,3	69,64	4272
3	13,2	69,19	5242
4	13,6	69,05	5077
5	13,2	69,92	5297
Média:			5112
Desvio Padrão:			517,33

1kN = 101,971 kgf

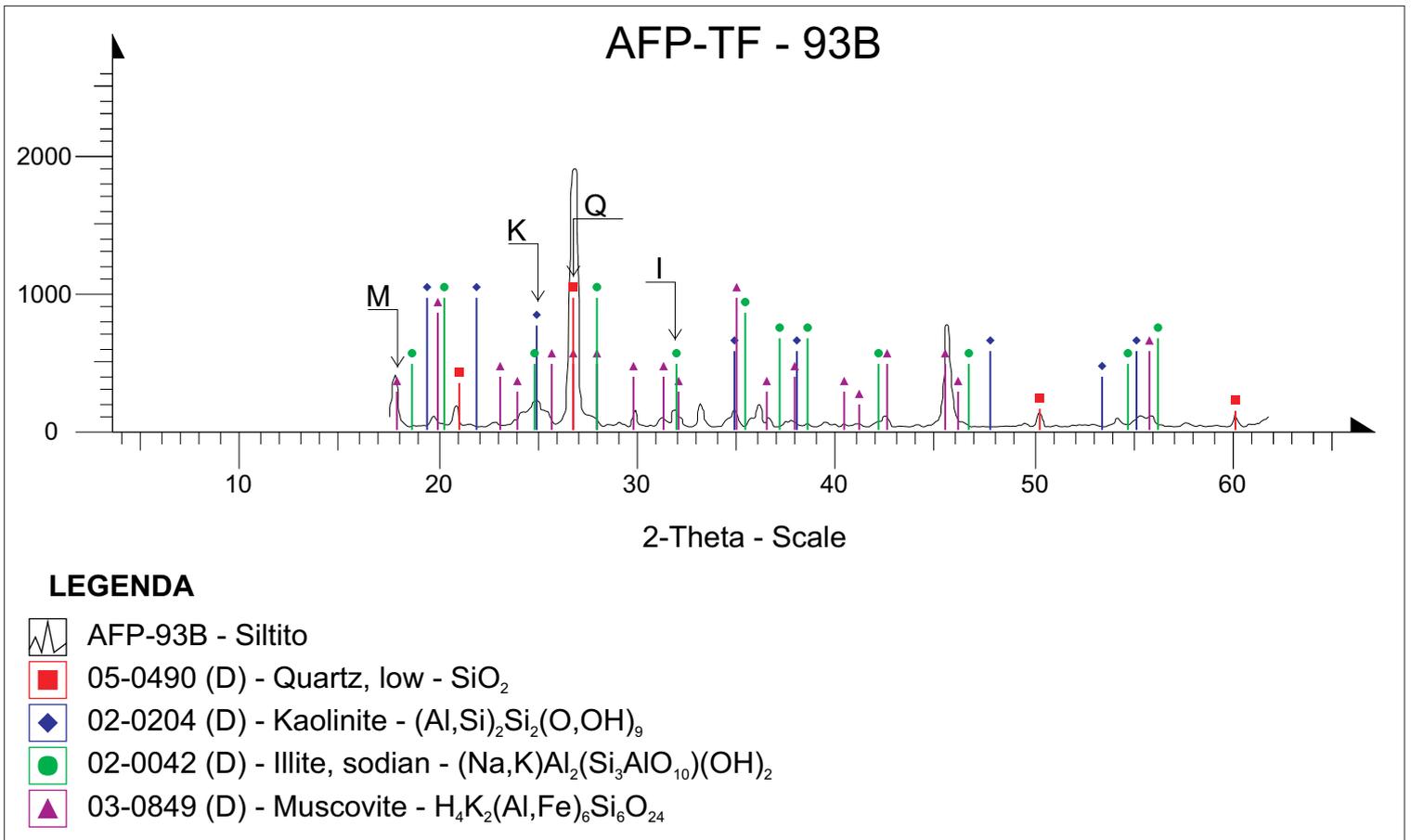
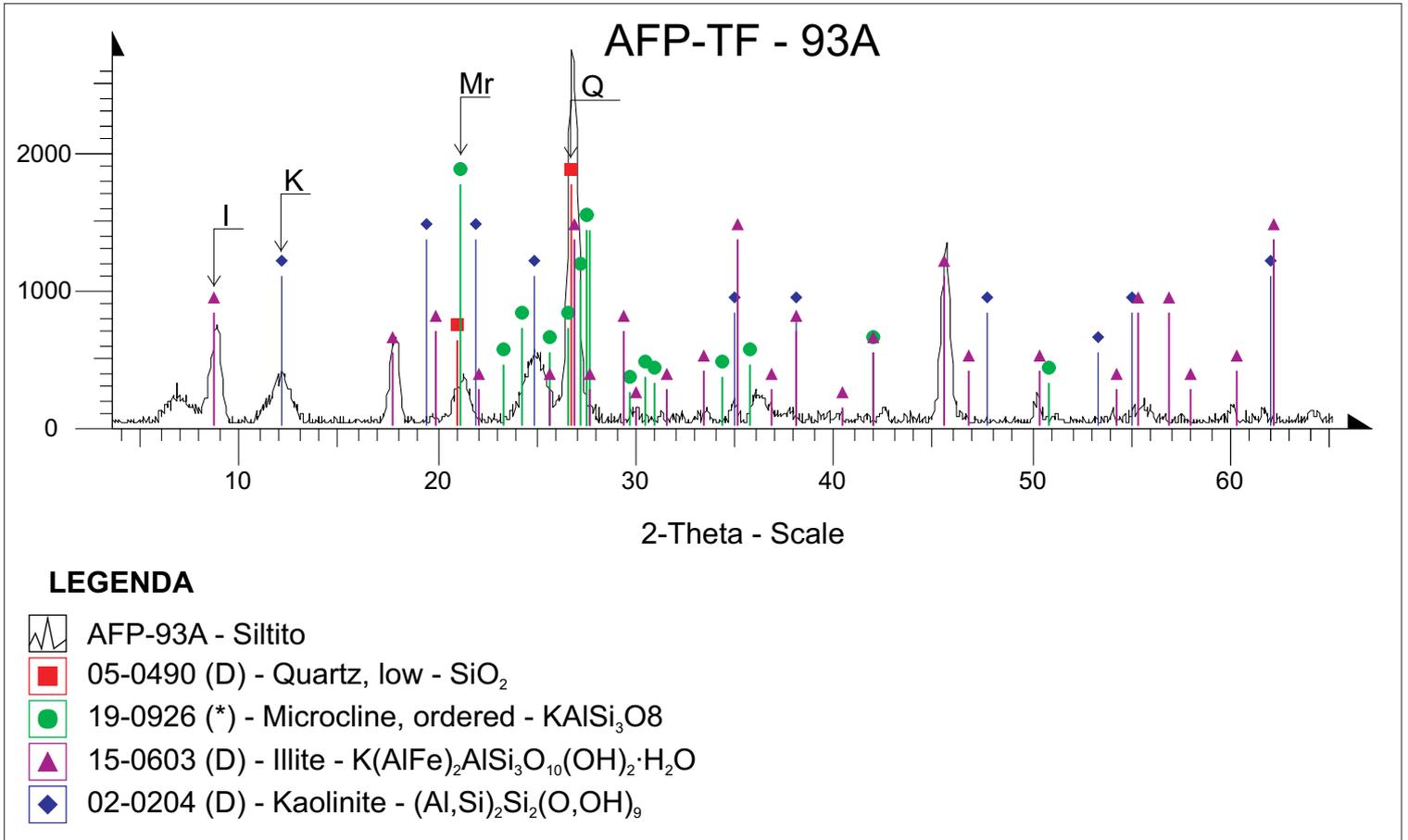
1kgf = 9,80665 N

Tensão = $\frac{\text{Força de ruptura}}{\text{Área do Corpo}}$

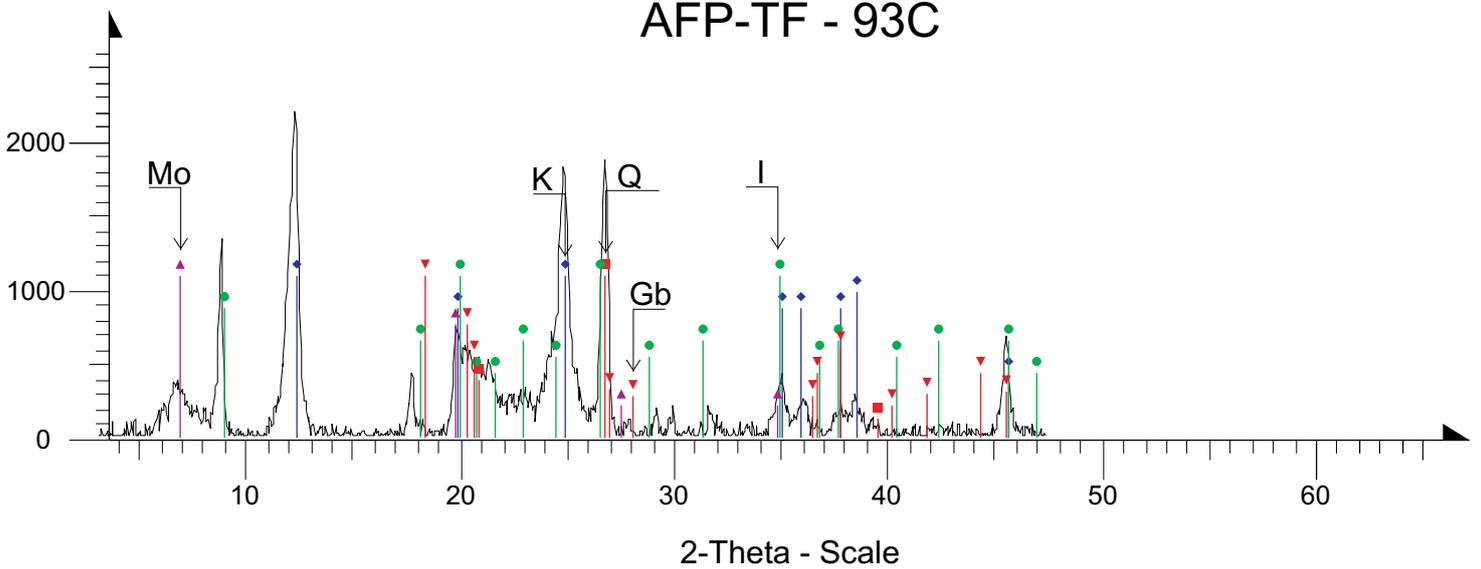
com congelamento/degelo
 sem congelamento/degelo

seca em estufa à 110° C
 saturado em água

**GRÁFICOS INTERPRETATIVOS DE DIFRAÇÃO
DE RAIOS-X E CURVAS GRANULOMÉTRICAS**



AFP-TF - 93C



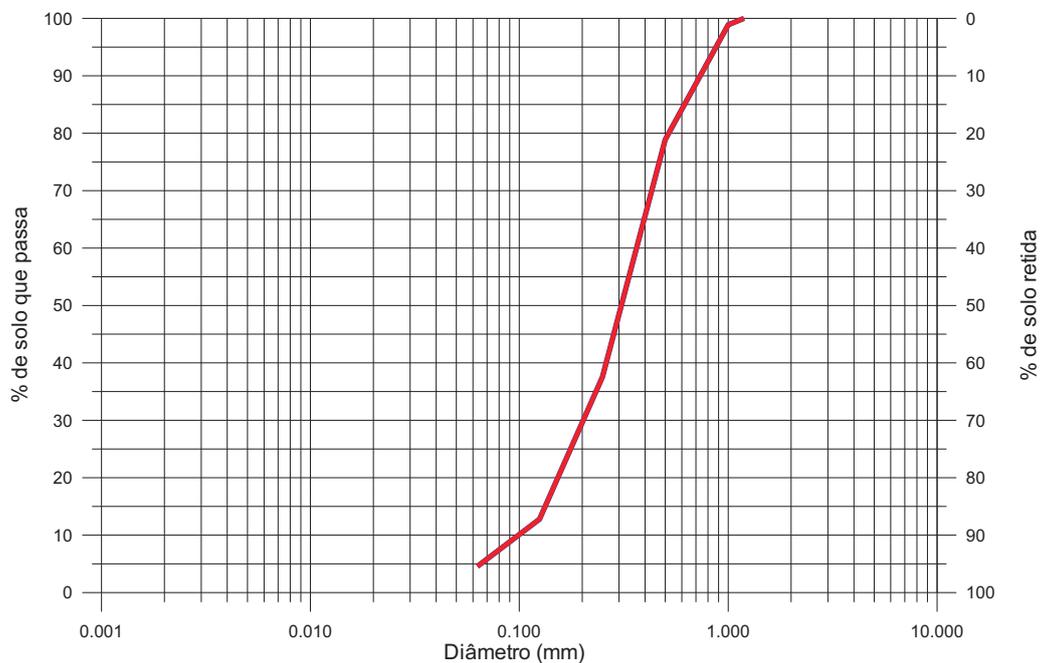
LEGENDA

-  AFP-93C - ARCÓSEO
-  05-0490 (D) - Quartz, low - SiO_2
-  06-0221 (D) - Kaolinite 1Md - $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$
-  09-0334 (D) - Illite 2M1 - $\text{K-Na-Mg-Fe-Al-Si-O-H}_2\text{O}$
-  12-0204 (D) - Montmorillonite - $\text{Na}_x(\text{Al,Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot z\text{H}_2\text{O}$
-  33-0018 (I) - Gibbsite, syn - $\text{Al}(\text{OH})_3$

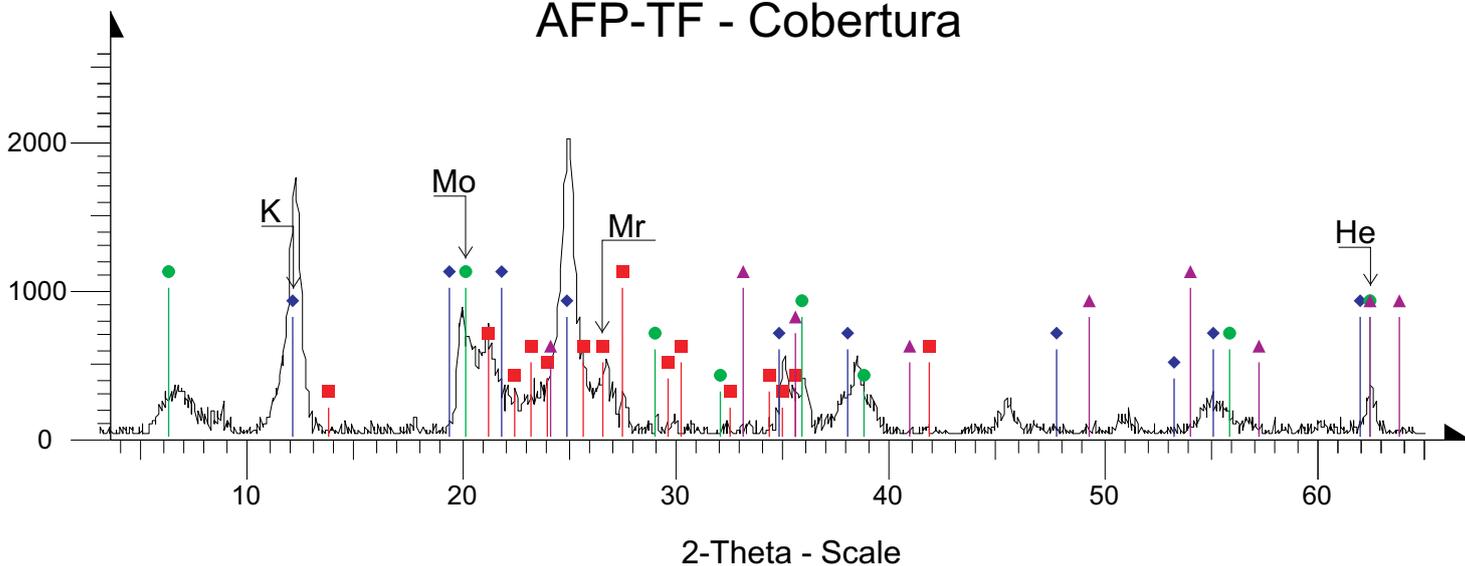
Composição e quantificação dos fragmentos da fração >0,062mm

MINERAL	PENEIRA					
	18#	35#	60#	120#	230#	<230#
Quartzo	95	85	80	55	50	45
Feldspato	5	15	20	35	40	35
Argila			tr	10	5	5
Opacos			tr	tr	5	10
Micas				tr	tr	5
Outros						tr

Curva Granulométrica: Meta-arcóseo (Afloramento 93)



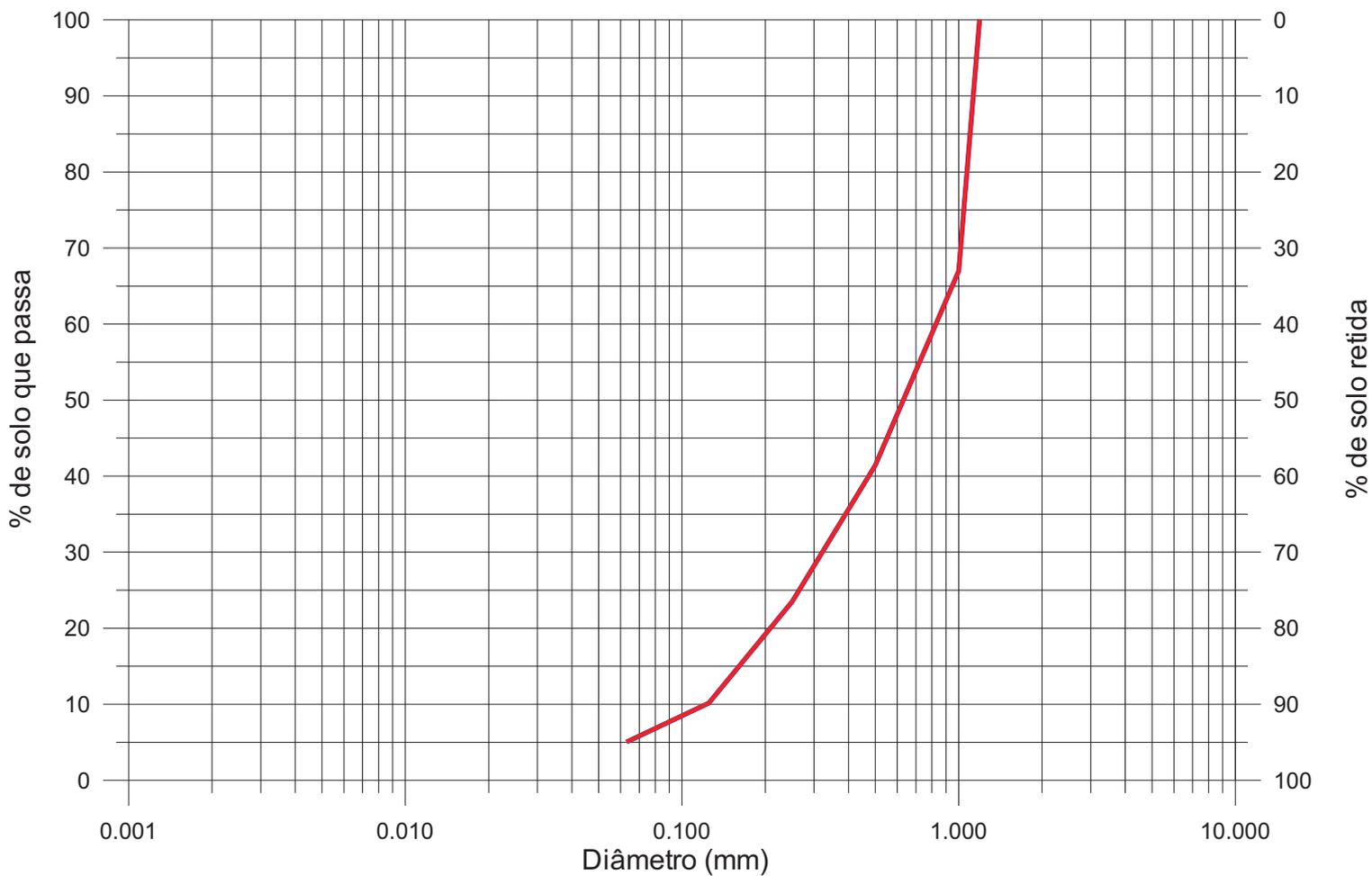
AFP-TF - Cobertura



LEGENDA

-  AFP-93 - Cobertura
-  10-0479 (D) - Microcline, inter - KAlSi_3O_8
-  02-0204 (D) - Kaolinite - $(\text{Al},\text{Si})_2\text{Si}_2(\text{O},\text{OH})_9$
-  03-0016 (D) - Montmorillonite, syn - $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot x\text{H}_2\text{O}$
-  03-0800 (D) - Hematite - Fe_2O_3

Curva Granulométrica: Amostra de Solo - Cobertura (Afloramento 93)

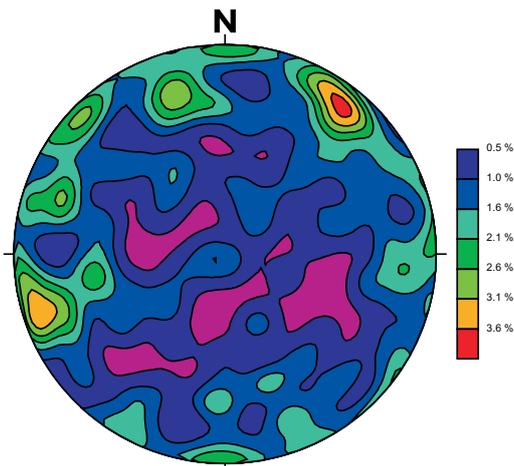


**A
N
E
X
O**

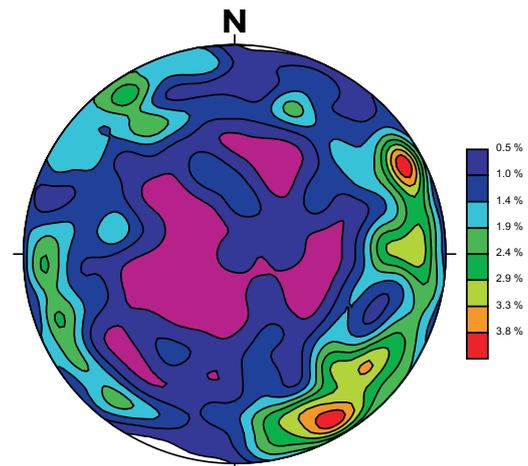
5

**ESTEREOGRAMAS, GRADES PETROGENÉTICAS E
DIAGRAMAS QAP**

ESTEREOGRAMAS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO

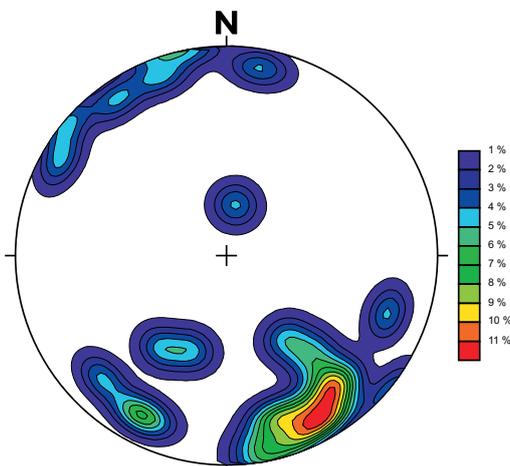


Lower hemisphere - Juntas - Geral			
N=192	K=100.00	Sigma=1.000	Peak=7.11

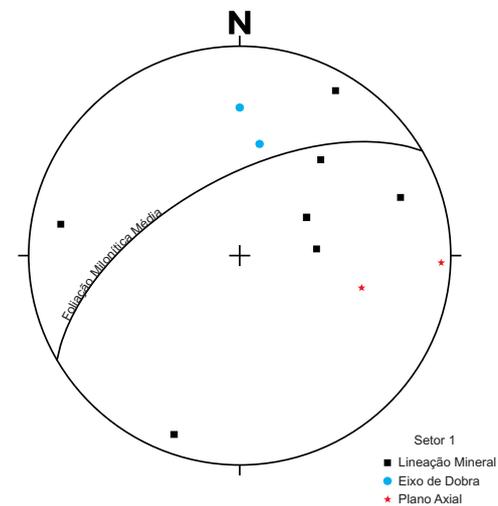


Lower hemisphere - Sn - Geral			
N=210	K=100.00	Sigma=1.000	Peak=8.50

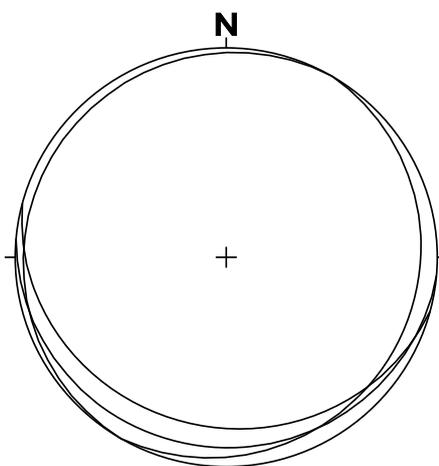
ESTEREOGRAMAS PARA O SETOR 1



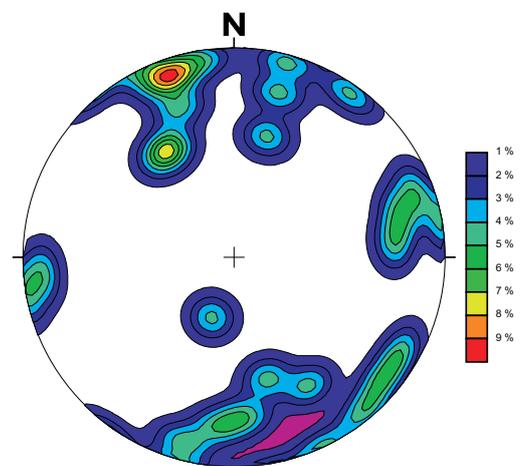
Lower hemisphere - foliação milonítica - Setor 1			
N=46	K=100.00	Sigma=0.260	Peak=11.66



- Setor 1
- Lineação Mineral
 - Eixo de Dobra
 - ★ Plano Axial

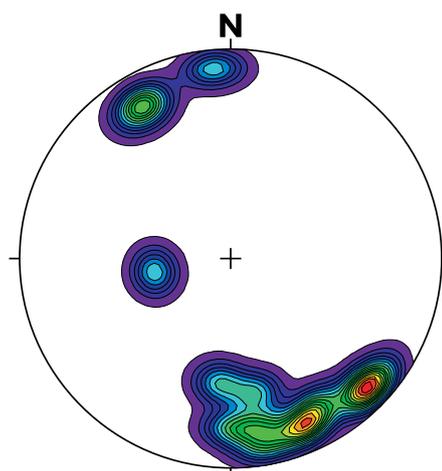


Lower hemisphere - Falhas - Setor 1			
N=4			

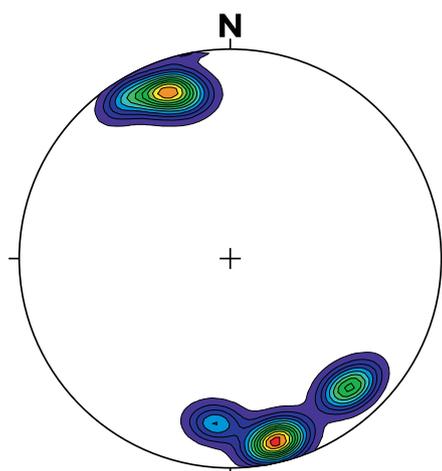


Lower hemisphere - Juntas Setor 1			
N=45	K=100.00	Sigma=0.250	Peak=9.44

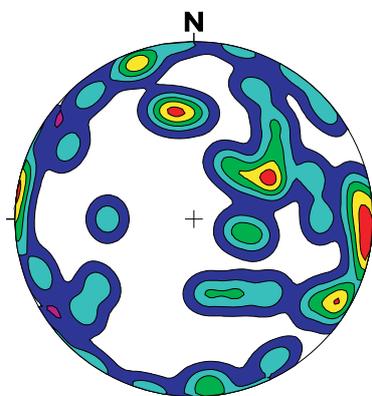
ESTEREOGRAMAS PARA O SETOR 2



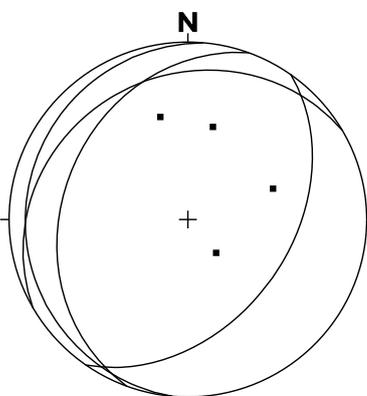
Lower hemisphere - Acamamento Setor 2			
N=45	K=100.00	Sigma=0.150	Peak=16.91



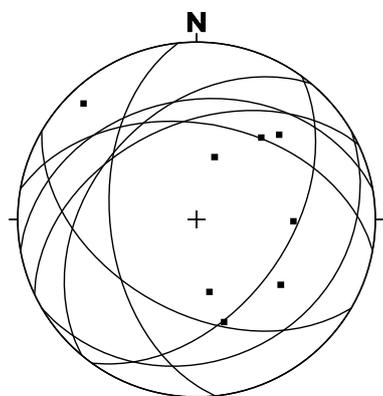
Lower hemisphere - Folição S. - Setor 2			
N=10	K=100.00	Sigma=0.100	Peak=25.60



Lower hemisphere - Junta Setor 2			
N=50	K=100.00	Sigma=0.400	Peak=5.56

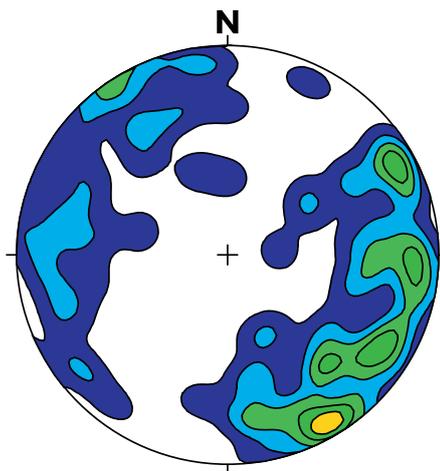


Lower hemisphere - Falhas Inversas - Setor 2			
N=4			

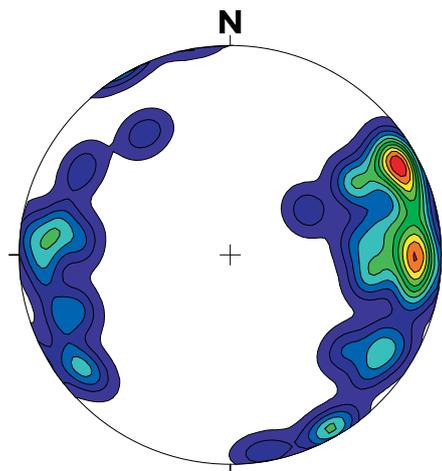


Lower hemisphere - Falhas Normais - Setor 2			
N=6			

ESTEREOGRAMAS PARA O SETOR 3

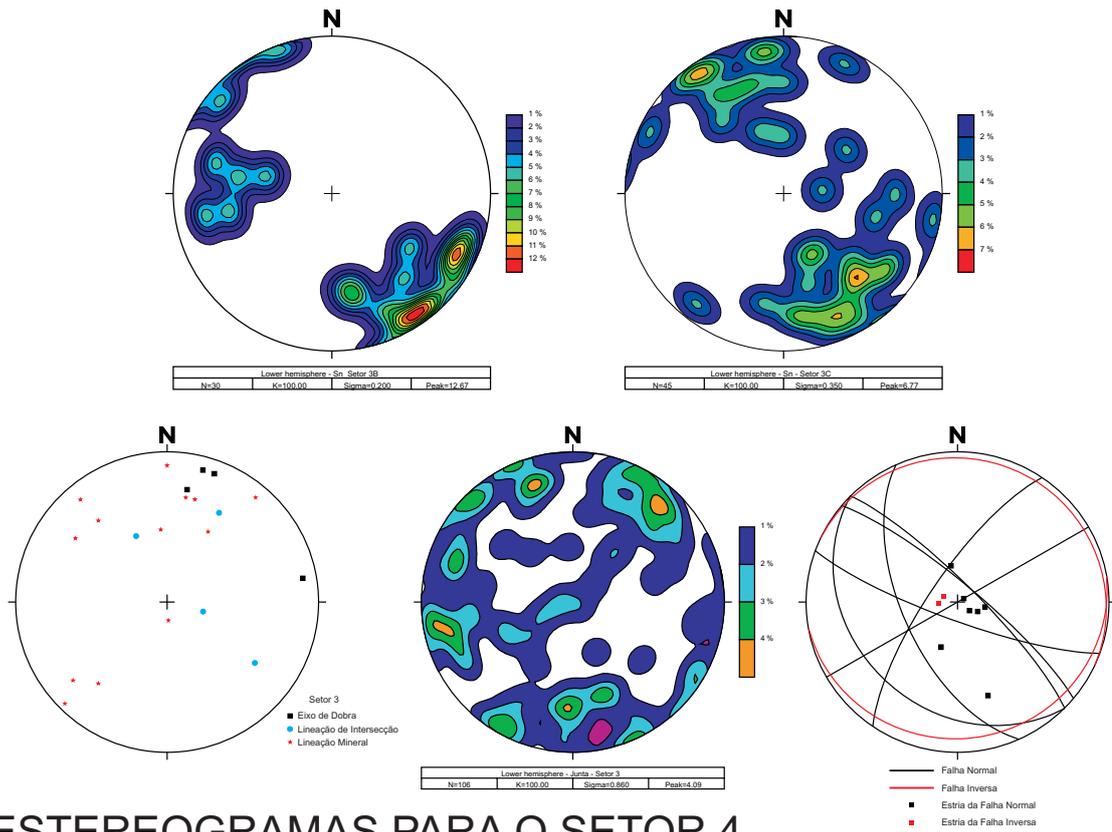


Lower hemisphere - Sn Setor 3 - Geral			
N=125	K=100.00	Sigma=0.980	Peak=5.65

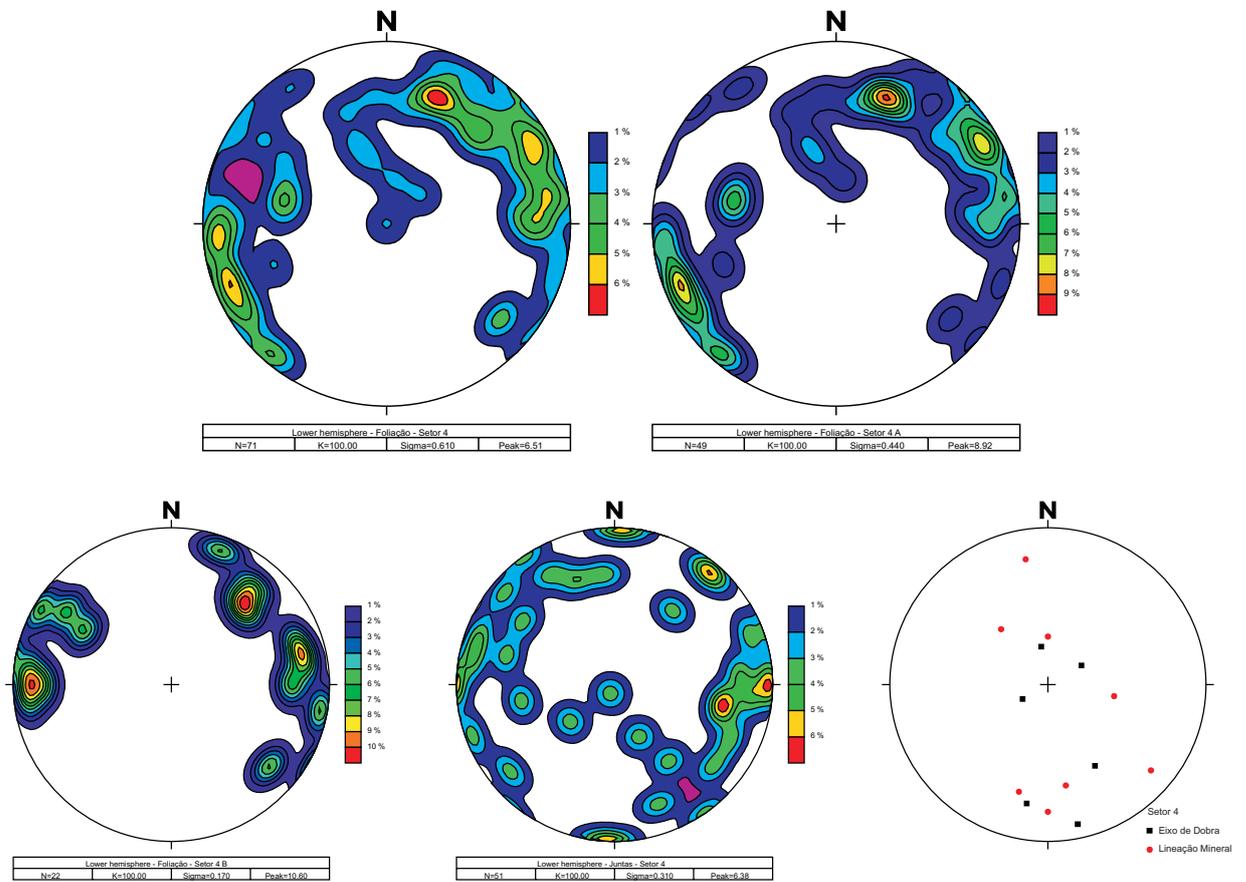


Lower hemisphere - Sn Setor 3A			
N=50	K=100.00	Sigma=0.400	Peak=10.65

ESTEREOGRAMAS PARA O SETOR 3

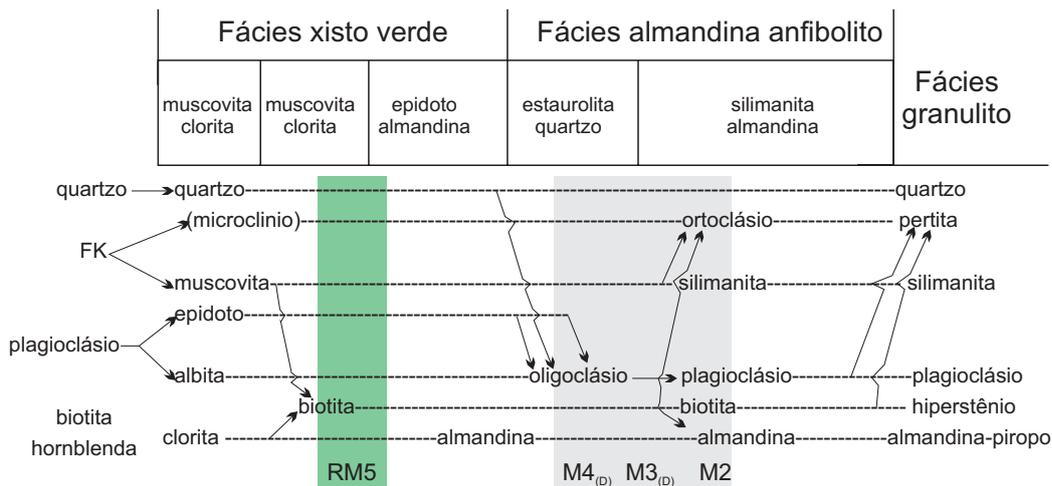


ESTEREOGRAMAS PARA O SETOR 4

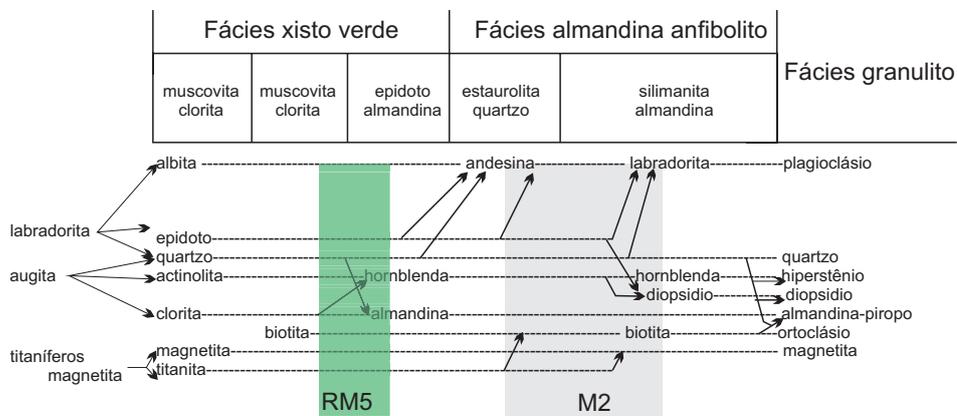


GRADES PETROGENÉTICAS PARA ROCHAS METAMÓRFICAS ESTUDADAS

METAMORFISMO REGIONAL EM ROCHAS QUARTZO-FELDSPÁTICA



METAMORFISMO REGIONAL EM ROCHAS ÍGNEAS MÁFICAS



METAMORFISMO REGIONAL EM ROCHAS ARGILO-POTÁSSICA

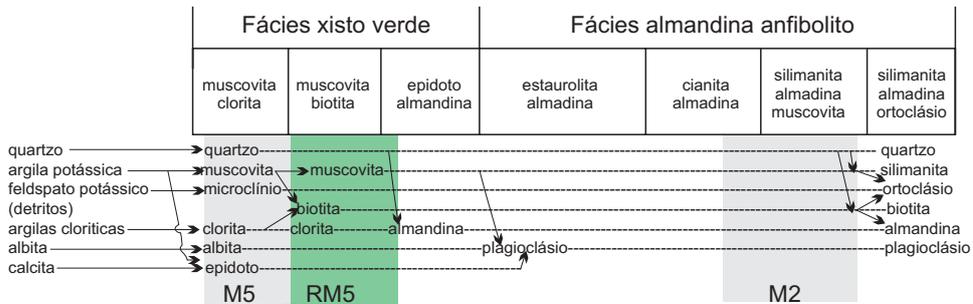


DIAGRAMA QAP PARA ROCHAS ESTUDADAS (STRECKEISEN, 1976)

