



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
DISCIPLINA: ESTÁGIO DE CAMPO IV
ORIENTADOR: PROF. DR. HENRIQUE DAYAN
ALUNO: FERNANDO AUGUSTO CABRAL DOS SANTOS
DRE: 095137486**

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO-ESTRUTURAL DE
UMA PORÇÃO DA SERRA DO BONFIM,
MUNICÍPIO DE SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA
(RJ)**

Rio de Janeiro, dezembro de 2005

**Esta obra é dedicada a
memória abençoada
de Moacyr Saturnino
dos Santos, meu pai.
Saudades!**

ÍNDICE;

1-RESUMO	5
2-AGRADECIMENTOS	6
3-INTRODUÇÃO	8
3.1-Localização da Área de Estudo	10
3.2-Propósitos da Pesquisa	13
3.3-metodologia Usada	13
3.3.1-Etapa Pré-Campo	13
3.3.2-Trabalho de Campo	14
3.3.3-Trabalho de Gabinete	14
4-GEOMORFOLOGIA DA ÁREA ESTUDADA	15
4.1-Relevo e Topografia	15
4.2-Hidrografia e Rede de Drenagens	15
4.3-Vegetação	16
4.4-Clima	16
4.5-Disponibilidade de Afloramentos	17
5-GEOLOGIA REGIONAL	17
5.1-Trabalhos Anteriores	17
5.2-Estratigrafia e Domínio Regional	17
6-GEOLOGIA DA ÁREA ESTUDADA	24
6.1-Litotipos Mapeados	25
6.1.1-Gnaisse Bandado	25
6.1.2-Granulito	31
6.1.3-Ortognaisse “Olho de Pombo”	35
6.2-Geologia Estrutural	42
6.2.1-Introdução	42
6.2.2-Estruturas Planares	44
6.2.2.1-Foliação Regional	44
6.2.2.2-Foliação Milonítica	44
6.2.3-Estruturas Lineares	45
6.2.3.1-Lineação Mineral	45
6.2.3.2- <i>Boudins</i>	46
6.2.3.3-Dobras	48
6.2.3.4-Sistemas Porfiroclásticos	50
6.3-Geologia Econômica	52
6.3.1-Introdução	52
6.3.2-Métodos de Lavra	55
6.3.2.1-Abertura de Acessos e Remoção do Solo	55
6.3.2.2-Desmonte do Maciço e Formação de Bancadas	56

6.3.3-Beneficiamento e Produtos Gerados	62
6.4-Geologia Ambiental	65
6.4.1-Introdução	65
6.4.2-Impactos Ambientais Ocorridos na Região	66
6.4.2.1-Operações de Lavra	67
6.4.2.2-Operações de Beneficiamento	68
7-Conclusões e Discussões	70
8-Bibliografia	73
10- Anexo (Mapa Geológico)	

1. RESUMO

O município de Santo Antônio de Pádua é um dos maiores pólos mineradores de rochas ornamentais do Estado do Rio de Janeiro. Uma das rochas lavradas na região é o Ortognaisse “Olho de Pombo” que encontra-se aflorando ao longo da Serra do Bonfim. O mapeamento de uma quadrícula contendo uma porção da serra supracitada revelou a existência de cinco faixas destes gnaisses, encaixadoas em para e ortognaises oriundos de metamorfismo de alto grau. O Ortognaisse “Olho de Pombo” esta colocado, sintectonicamente, na Falha Itajara-Piraoetinga, que corta a região com direção NE/SE. A rocha lavrada possui uma textura proto a milonítica que confere a mesma planos de baixa rugosidade com partição perfeita ao longo dos mesmos, possibilitando a utilização deste gnaisse para revestimento de pisos e paredes. A produção de rochas ornamentais na região é grande, porém os conhecimentos de técnicas de exploração e lavrasão puco difundidos gerando problemas de perda de produto e impactos ambientais.

2. AGRADECIMENTOS

A Deus toda honra, toda glória e todo louvor, e a Jesus autor e consumidor da minha fé.

Para que este trabalho fosse concluído muitas foram as pessoas que, de alguma maneira, contribuíram para este fim. A estas pessoas devo a minha gradidão:

Aos projetos PADCT conv.N.88.98.0399.00 e RECOPE-RETECMIN pelo apoio financeiro.

Ao secretário do Departamento de Geologia Walgenor dos Santos Reis por ter sido fundamental nos momentos mais críticos, nunca faltando com o auxílio, sendo imprescindível nos momentos finais, e ao laminador Tarcísio Raymundo de Abreu pela competência na confecção das lâminas delgadas.

Ao geólogo e grande amigo Marcelo Nunes Leite (“O Barba”), pelo companherismo e amizade manifestados em todas as etapas do mapeamento, e ao geólogo Vitor Hugo Gomes da Silva grande companheiro nos estágios de campo II e III.

Aos geólogos e amigos Marcelo Villela da Costa Braga e Luís Cláudio Cordeiro Anisio, por terem acreditado em mim ao me chamarem para trabalhar com eles e pelo apoio fundamental para realização deste trabalho.

Aos colegas Romualdo Lins Vitoriano e Gerson Firmino Cardoso pela amizade e pelo grande apoio nos momentos difíceis.

Ao Professor Doutor Júlio César Mendes pela orientação acadêmica e o apoio na etapa final do curso., e aos professores membros do COOA Ismar de Souza Carvalho, João Batista Filho e Jadir da Silva Conceição pela oportunidade que me deram de concluir o curso.

Ao Professor Doutor Joel Gomes Valença pelos esclarecimentos referentes a geologia regional, que foram fundamentais na compreensão da petrografia e do metamorfismo da região, e pela fidalguia com que sempre me tratou.

Aos meus tios Paulo Roberto de Azeredo Pucinho e Gerusa Maria de Souza Cabral Pucinho pelos conselhos e apoio dados nos momentos mais difíceis, e aos meus avós Silas da Cruz Cabral(*in memoriam*) e Oswaldina de

Souza Cabral por terem acolhido a mim e a minha esposa e por terem sempre uma palavra de carinho e apoio sempre nos ajudando em tudo o que necessitávamos.

Ao meu padrasto Daniel Rangel Cabral que sempre me incentivou com palavras amigas e fortalecedoras sendo um dos maiores exemplos de otimismo que já conheci. E aos meus sogros Waldeck da Silva Santos e Maria Lúcia Borges Santos por terem me acolhido como filho.

Aos meus pais Moacyr Saturnino dos Santos(*in memorian*) e Dalca de Souza Cabral dos Santos aos quais sou grato pela formação do meu caráter e por terem encucado em minha mente a necessidade de se estudar para conseguir meus objetivos. Sempre foram pais extremamente zelosos no cuidado dos filhos, sendo para mim um exemplo de superação de vida.

A minha querida Adrianinha. O que dizer de uma esposa que esta com você em qualquer circunstância, segurando todas as “barras”, e foram muitas, sempre com um sorriso no rosto e um gesto de amor. Ela vale ouro.

Ao prof. Doutor Henrique Dayan, que muito mais que um orientador, tornou-se um grande amigo, um pai nas horas difíceis, ganhando meu respeito e admiração como geólogo e como mestre. Tem em mim um discípulo e um defensor até o final da vida.

A todos estes, e a outros que porventura esqueci injustamente, desejo que Deus os abençoe ricamente.

3. INTRODUÇÃO

O município de Santo Antônio de Pádua, localizado no noroeste do Rio de Janeiro, é conhecido, atualmente, como um dos maiores pólos mineradores do Estado com cerca de 6.000 postos de trabalho, abrangendo cerca de 200 lavras e 100 serrarias de rochas ornamentais.

A indústria de mineração teve seu início a cerca de 40 anos, devido ao declínio da atividade agrícola cuja mão de obra foi absorvida pela mineração, porém passou a desenvolver-se a partir de 1980 com a difusão de conhecimentos dos processos de cantaria entre os habitantes do município (Caniné, 1980).

O município de Santo Antônio de Pádua abrange as folhas cartográficas Santo Antônio de Pádua, Miracema, Recreio e Palma (1:50.000, IBGE). Esta região é cortada por um feixe de falhas transcorrentes que se ramificam, assintoticamente, a partir da Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul na altura da cidade de Além Paraíba (MG). Duas destas falhas, denominadas Itajara-Pirapetinga e Santo Antônio de Pádua (Brenner *et al*, e Dayan *et al*, 2000) (**Figura 01**), encontram-se mineralizadas, respectivamente, pelos ortognaisses “Olho de Pombo” e “Madeira”, como são localmente conhecidos, que são os litotipos explorados como rochas ornamentais, para o revestimento de pisos e paredes.

Na década de 80 o mapeamento sistemático do Estado do Rio de Janeiro, realizado pelo DRM - RJ (1980), excluiu a folha Recreio, parte da qual, inclui terras do Município de Santo Antônio de Pádua, e isto inclui uma porção da área aqui estudada.

No sentido de ocupar esta lacuna na compreensão da Geologia desta região e suprir as necessidades referentes à exploração dos bens minerais, seu emprego na construção civil e mitigação de seus impactos ambientais foram criados dois projetos: (i) PADCT (convênio 88.98.0399.00) coordenado pelo Prof. Dr. Henrique Dayan, e (ii) RETECMIN (RECOPE-RJ), com participação do Dep. de Geologia da UFRJ, DRM e INT, os quais se propuseram a mapear zonas de falha mineralizadas por rochas ornamentais.

O presente relatório é parte integrante destes projetos.

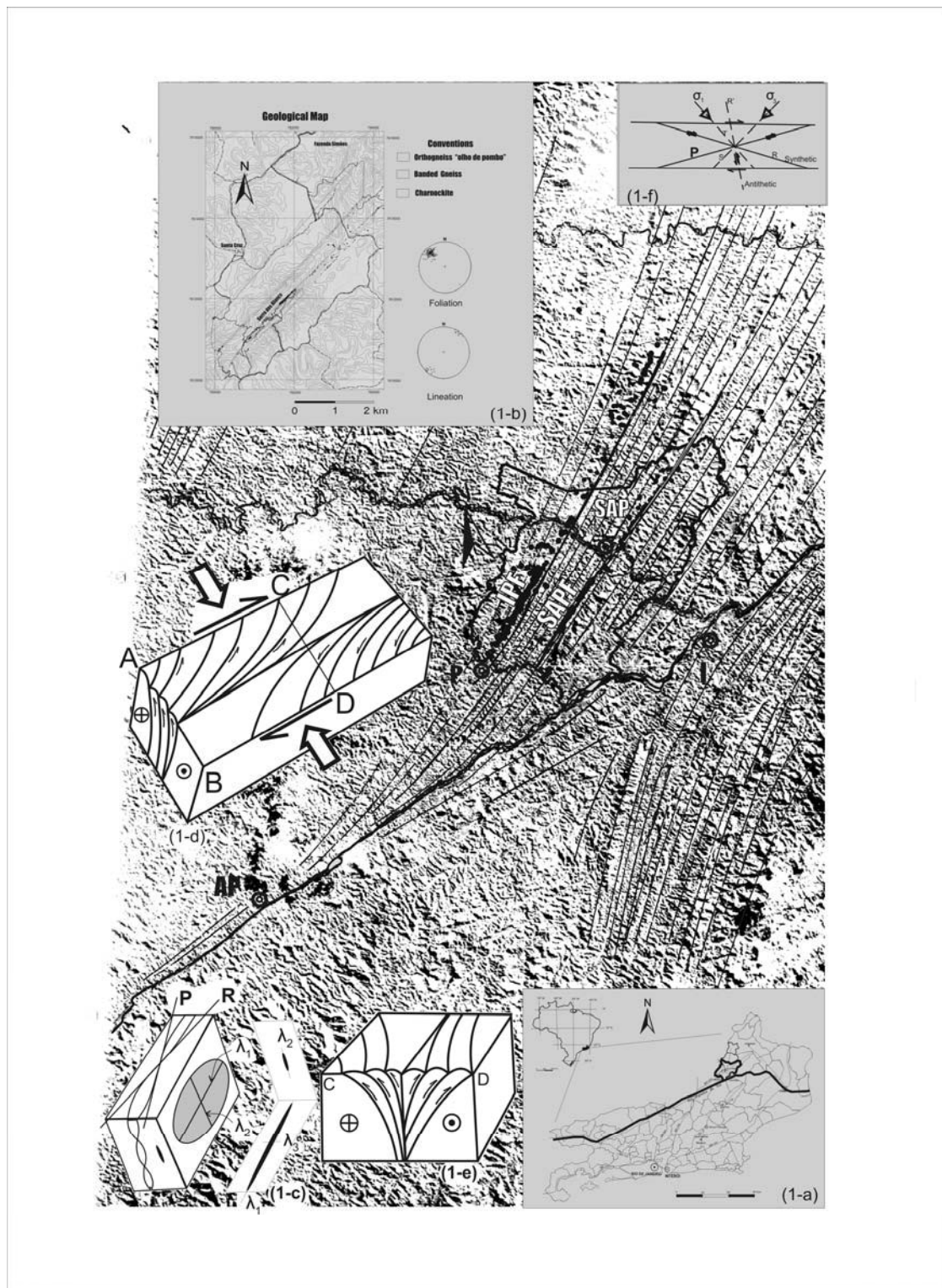


Figura 01: Mosaico confeccionado por Dayan *et al* (2002) mostrando o feixe de falhas *horsetail* e a estrutura em flor positiva caracterizados na região de Santo Antônio de Pádua. Em destaque estão a Falha Itajara-Pirapetinga (**FIP**) e a Falha Santo Antônio de Pádua (**FSAP**). As siglas **AP** e **SAP** significam, respectivamente, os municípios de Além Paraíba e Santo Antônio de Pádua.

3.1. Localização da Área de Estudos

A área estudada esta localizada no município de Santo Antonio de Pádua, no noroeste do Estado do Rio de Janeiro, mais precisamente no distrito de Santa Cruz (**Figura 02**).

A quadrícula mapeada esta contida na folha Recreio (SF-23-X-D-VI-1) publicada pelo IBGE em escala 1:50.000, cujos vértices são:

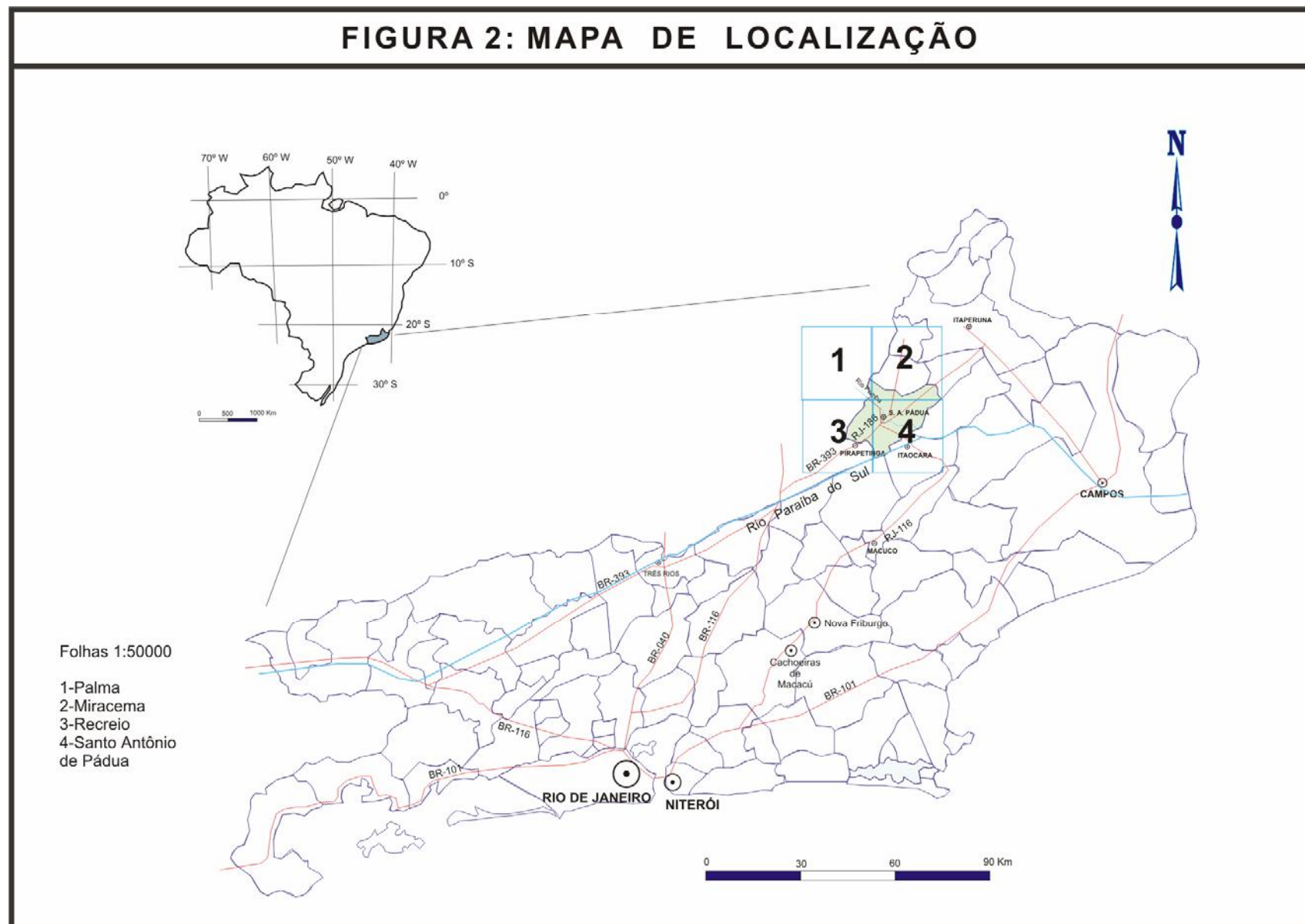
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)		
Datum: Córrego Alegre – MG Zona 23 – Hemisfério Sul		
Vértice 1	780000 E	7612000 N
Vértice 2	782000 E	7612000 N
Vértice 3	782000 E	7610000 N
Vértice 4	780000 E	7610000 N

Tabela 01

O acesso à área mapeada pode ser feito, a partir da cidade do Rio de Janeiro, pela rodovia BR-40 até a altura de Saracuruna, prosseguindo pela BR-116 até a cidade de Além Paraíba (MG), de onde se prossegue pela BR-393 em direção a Pirapetinga (MG), seguindo pela RJ-110, sentido Pirapetinga (MG) - Santo Antônio de Pádua (RJ), entrando então pelo Km 13 ou no distrito de Marangatú seguindo por estrada vicinal até o distrito de Santa Cruz. Pode-se acessar a área, também, a partir de Santo Antônio de Pádua seguindo pela rodovia RJ 218 até o distrito de Paraoquena, seguindo então pela RJ 188 até o distrito de Santa Cruz (**figuras 02 e 03**).

Nem todas as rodovias citadas encontram-se em bom estado de conservação. As estradas vicinais utilizadas como vias de acesso encontram-se. Nesta particular data, em péssimo estado. Algumas destas estradas por serem utilizadas somente para o escoamento da produção de rochas, em períodos de chuva tornam-se intransitáveis, sendo comum encontrar algumas abandonadas.

FIGURA 2: MAPA DE LOCALIZAÇÃO



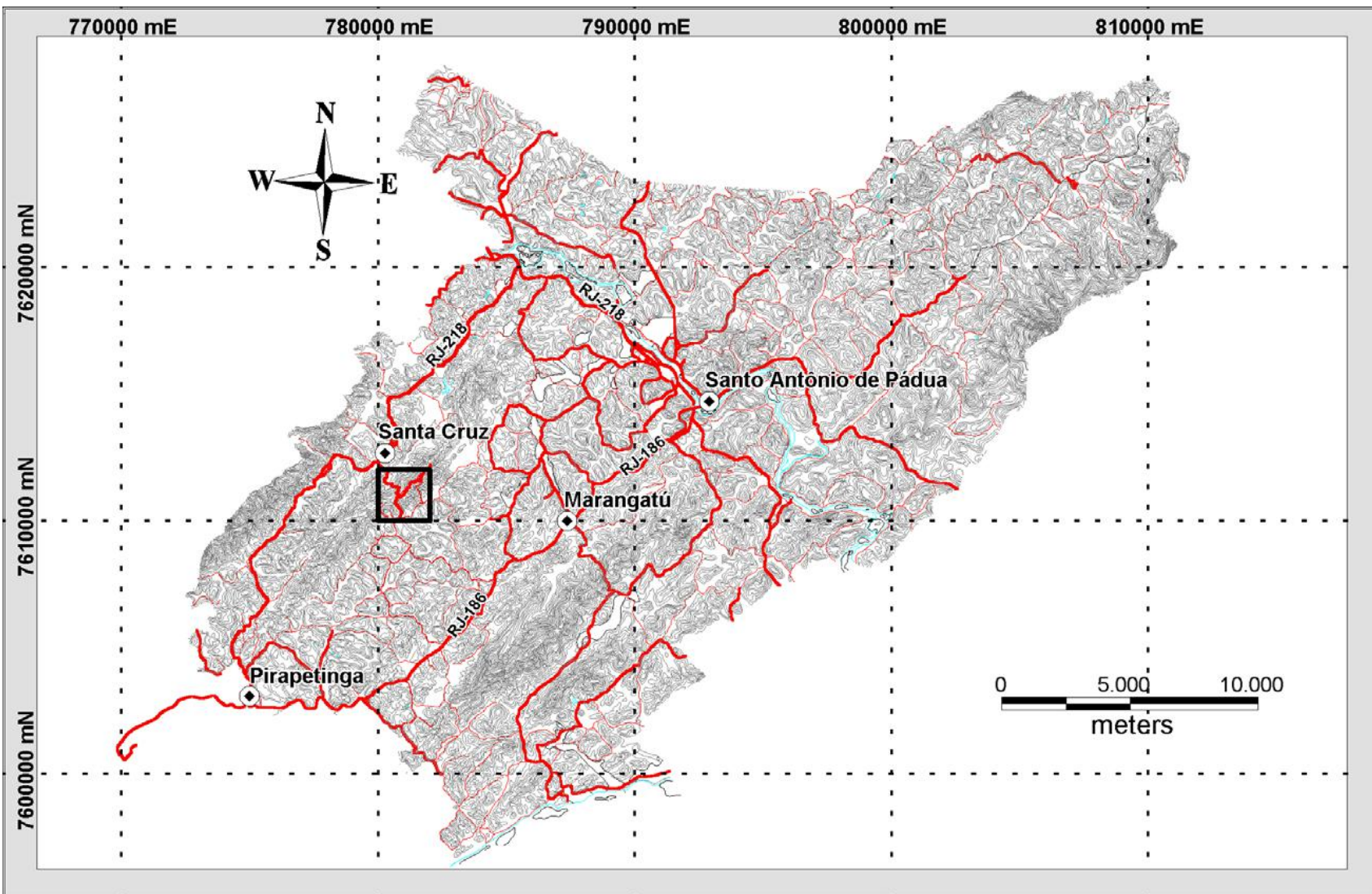


Figura 03: Mapa digitalizado do município de Santo Antônio de Pádua indicando as localidades citadas no texto, as vias de acesso na cor vermelha e a quadrícula preta apontando a área estudada.

3.2. Propósitos da Pesquisa

O propósito deste trabalho é o mapeamento geológico de detalhe, na escala 1:10.000, de uma área de 4 Km² numa porção da Falha Itajara-Pirapetinga na altura da Serra do Bonfim. Também é objetivo deste trabalho, além do mapeamento, a petrografia dos litotipos mapeados, o levantamento das lavras de rocha ornamental contidas na área e a estimativa do potencial das mesmas.

3.3. Metodologia Usada

O presente trabalho foi realizado em três etapas denominadas e descritas a seguir:

3.3.1 Etapa Pré-Campo

Nesta etapa foi executado o levantamento bibliográfico e cartográfico referente à área mapeada como também a organização de todo material necessário para a execução da Etapa de Campo.

O levantamento bibliográfico foi feito através de consultas a teses de doutorado e mestrado, trabalhos de graduação, artigos, periódicos e relatórios técnicos referentes à região onde está contida a área mapeada.

A base topográfica, utilizada no mapeamento, foi obtida ampliando-se a quadricula mapeada, contida na Folha Recreio, na escala 1:50.000 para a escala 1:10.000. A quadricula selecionada para o mapeamento era a mais privilegiada em termos de vias de acesso. Também foi utilizada como base uma imagem digitalizada do município de Santo Antônio de Pádua confeccionada e gentilmente cedida pelo CARTOGEO – NCE / UFRJ **(Figura 03)**.

3.3.2 Trabalho de Campo

Esta etapa constou de cinco campanhas de campo realizadas entre os anos de 2001 e 2002. Para locomoção no campo foi utilizado um veículo tipo “Jeep”, com tração nas quatro rodas. O material utilizado para a execução dos trabalhos de campo foi: marreta de 1 kg, talhadeira, bússola tipo *Silva*, uma lupa de 10x, caixas de madeira para o acondicionamento das amostras e caderneta de campo.

Para a locação dos afloramentos estudados e o traçado do caminhamento realizado, foram utilizados quatro aparelhos de *GPS (Global Position System – Sistema de Posicionamento Global)*, sendo dois do modelo *Garmin II Plus* e dois do modelo *DGPS March II* que faz a correção diferencial dos pontos.

Durante esta etapa foi realizado o mapeamento em escala de detalhe (1:10.000) de uma área de 4 Km². Cada afloramento observado foi devidamente descrito e neles foram medidas estruturas planares (foliações) e lineares (lineações) das rochas. Foram locados 57 pontos, com o auxílio do GPS, dos quais foram coletadas 40 amostras, todas com orientação.

3.3.3 Trabalho de Gabinete

Os trabalhos de gabinete foram realizados ao final de cada campanha de campo, e constaram da confecção do mapa geológico, preparação e análise de seções delgadas das amostras coletadas, confecção de estereogramas referentes às medidas de estruturas realizadas no campo e a compilação de todos estes dados que culminou na confecção deste relatório.

Para a confecção do mapa geológico foram utilizados os *softwares MapInfo 7.5*, para a plotagem dos pontos e rotas na base cartográfica digital, e *Corel Draw 10.0*, utilizado no traçado dos contatos geológicos e acabamento final do mapa. Os estereogramas, contendo as medidas das estruturas planares e lineares das rochas mapeadas, foi confeccionado com o auxílio do programa *Stereonet*.

Foram confeccionadas e analisadas 8 seções delgadas referentes a um perfil representativo das litologias mapeadas. As seções delgadas foram analisadas quanto a sua mineralogia e microestruturas. Foi adotada como

classificação granulométrica dos minerais, a seguinte escala: fina >1 mm; média entre 1 e 5 mm; grossa <5 mm.

4. GEOMORFOLOGIA DA ÁREA ESTUDADA

4.1. Relevo e Topografia

A região onde esta inserida a área estudada apresenta seus alinhamentos montanhosos orientando-se, preferencialmente, segundo a direção NE-SW coincidentemente com a foliação regional. Este alinhamento se dá devido ao controle estrutural que esta área sofre oriundo de extensas zonas de cisalhamento que cortam o Noroeste Fluminense.

Este controle estrutural conferiu ao conjunto de serras da região, que possuem cotas em torno de 800 m de altitude, um acentuado paralelismo e linearidade, que se destacam do relevo rebaixado constituído por morros arredondados de topo nivelado entre 130 e 320 m. Estes morrotes apresentam-se imersos em vales aluvionados com cotas superiores a 50m.

A área de estudo está inserida numa porção da Serra do Bonfim, folha Recreio (IBGE - SF-23-X-D-VI-1), a qual possui cota máxima de 458 m. A oeste da mesma, na divisa dos estados de Minas gerais e Rio de Janeiro, destaca-se a Serra da pedra Bonita, com cerca de 800 m de cota, e a sudeste, a Serra do Catete, com cota máxima em torno de 640 m.

4.2. Hidrografia e Rede de Drenagens

O principal coletor de águas da região é o Rio Paraíba do Sul, que escoar no sentido ENE, e têm como principais afluentes o Rio Pomba e o Rio Pirapetinga, os dois na sua margem esquerda e com curso preferencial segundo o rumo NW. Todos possuem curso anguloso, com direções paralelas a NE, coincidentes com a foliação das rochas e NW, constituindo justamente com a direção das falhas transversais. A drenagem secundária se encaixa entre os alinhamentos serranos, frequentemente associada a vales estruturais, ou segue a direção semelhante a dos canais tronco. Sendo assim

é possível classificar a rede de drenagens como treliça, com caráter anguloso em alguns locais.

Próximo à área mapeada destacam-se, ao sul o Córrego Bom Jardim, a nordeste os Córregos da Araponga e do Banco e a leste o Ribeirão Bom Jardim (vide, folha Recreio IBGE - SF-23-X-D-VI-1).

4.3. Vegetação

A vegetação original, do tipo Mata Atlântica, foi devastada cedendo lugar as grandes monoculturas, com destaque para as plantações de café, algodão e cana-de-açúcar. Com o declínio da agricultura ocorreram substituições por pastagens, capoeiras e outras espécies.

As matas remanescentes que cobrem algumas áreas da região são constituídas, na maioria, por formações secundárias desenvolvendo-se apenas onde a floresta original foi derrubada. Esta vegetação encontra-se restrita a áreas mais altas.

Regionalmente, a vegetação é constituída de campos predominantemente herbáceos, com árvores de pequeno e médio porte, constituindo os campos sujos.

4.4. Clima

O clima predominante na região é subquente úmido, tornando-se mais ameno (mesotérmico brando) nas partes mais elevadas e passando a quente úmido, na zona de baixada. A média de precipitações situa-se entre 1000 e 1250 mm com pequenos contrastes entre as zonas de serra e de baixada. A temperatura média anual é de 23° C, atingindo máximos e mínimos absolutos de 38° e 14° C. respectivamente. Há uma estação seca, entre junho e setembro e uma chuvosa, entre outubro e abril.

As campanhas de campo foram executadas no período de seca, pois na época de chuvas as estradas vicinais tornam-se intransitáveis. Também é importante ressaltar que no verão, as altas temperaturas tornam o trabalho de campo extenuante das 11 às 14 horas. Devido a estes fatos é aconselhável que quaisquer trabalhos de campo sejam realizados no período entre junho e setembro.

4.5. Disponibilidade de Afloramentos

Os principais afloramentos encontram-se nas lavras de rocha ornamental localizadas nas serras, constituindo-se como excelente exposição de rochas inalteradas e visualização de estruturas em 3D, possibilitando ainda a obtenção de amostras de rocha fresca.

Os demais afloramentos, das diferentes litologias, ocorrem em forma de lajedos nas encostas das serras e em cortes de estrada.

5. GEOLOGIA REGIONAL

5.1. Trabalhos Anteriores

O conjunto de rochas do nordeste do Estado do Rio de Janeiro, nas vizinhanças dos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo, já foi alvo de pesquisas desde o século passado, no entanto estudos sistemáticos foram iniciados com os trabalhos de Ebert (1953, 1955 e 1957) e Rosier (1957 e 1965).

Nos estudos realizados por Rosier (1957 e 1965) as rochas de Santo Antonio de Pádua e Recreio são inseridas na Série Paraíba - Desengano. A esta Série estão associados gnaisses kinzigíticos (sillimanita-granada biotita gnaisses), leptitos, quartzitos, mármores e anfibolitos, considerados de origem sedimentar, enquanto charnockitos e tactitos seriam de origem ígnea.

Brandalise *et al* (1976) caracterizou as rochas de Santo Antonio de Pádua como pertencentes à Associação Paraíba do Sul, composta por dois complexos: o Complexo Charnockítico e o Complexo Migmatítico.

No mapeamento geológico do Estado do Rio de Janeiro, na escala 1:400.000, Oliveira *et al* (1978) reconhecem a divisão estabelecida por Rosier e agrupam as rochas no Grupo Paraíba do Sul de Ebert (1965).

Grossi Sad e Donadello Moreira (1978), a serviço do DRM, executaram o mapeamento das Folhas Santo Antonio de Pádua e Miracema, na escala 1:50.000. As litologias mapeadas nas respectivas folhas foram divididas em agrupamentos 1 e 2, leptitos da Serra das Frecheiras e diques máficos. Esta divisão foi feita com base no mapeamento das folhas vizinhas, Cambuci e Santa Maria Madalena.

Quanto a Geologia Estrutural, destacam-se os trabalhos de Lamego (1946 e 1949), que mostrou que as partes mais meridionais das faixas do Paraíba possuem as mesmas direções das faixas mais setentrionais, até os limites do Estado do Espírito Santo. Ebert (1957) definiu os grandes elementos tectônicos assínticos paralelos à costa meridional do Brasil. Braun (1972) considerou a região como uma faixa rúptil de caráter dextrógiro, e Almeida *et al* (1975) consideraram os lineamentos ENE, ao norte do estado do Rio de Janeiro, como rochas miloníticas que cortam a Série Paraíba - Desengano de Rosier (1965).

Brenner *et al.* (1980) estudaram as feições lineares do NW fluminense e nomearam cinco falhas, que se ramificam assintoticamente a partir da Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul, as quais denominaram como faixas cataclásticas de Miracema, Itajara, Santo Antônio de Pádua, Baltazar e São João Paraíso (**Figura 04**). Os mesmos confirmaram a movimentação transcorrente principal considerada por Campanha (1980), definindo ainda uma componente vertical menor, que seria a principal responsável pelo soerguimento do bloco à NW do lineamento, que tenderia a aumentar em direção NE (**Figura 05**).

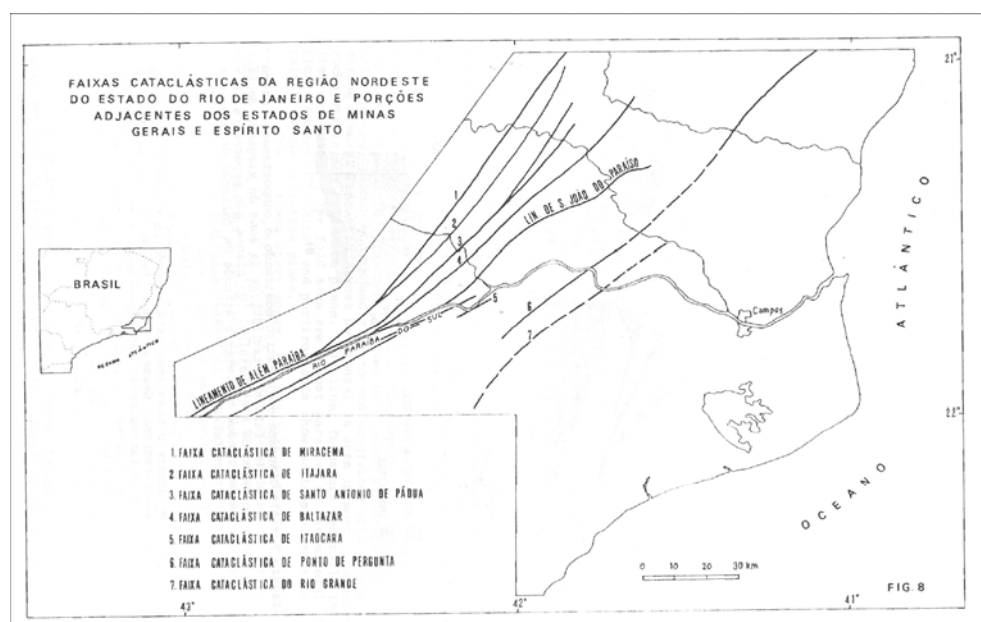


Figura 04: Feixe de falhas que cortam a região noroeste do Estado do Rio de Janeiro, segundo Brenner *et al* (1980).

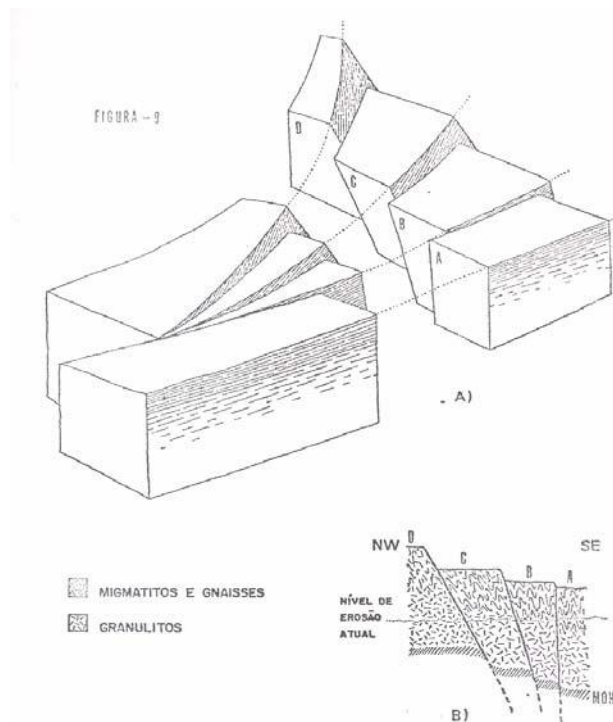


Figura 05: Bloco diagrama extraído de Brenner *et al* (1980), indicando o soerguimento dos blocos à NW do lineamento.

Corrêa Neto *et al.* (1993) e Dayan *et al.* (1993) confirmam que a Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul é parte de um sistema de falhas que agrupa desde a falha de Lancinha, no Paraná, até a falha de Cubatão, em São Paulo, defletindo rumo ao norte, tendo continuidade no Lineamento Guaçuí, no Espírito Santo. Estes autores confirmam ainda o regime transpressivo, através da análise de petrotramas de eixo-c de quartzo. Corrêa Neto *et al.* (1993) com base na análise estrutural da região, acabam por adaptar um modelo de estrutura em flor positiva, como o que melhor se adequaria à região, explicando desta forma o soerguimento de blocos, os empurrões verticais e o estiramento ocorrido nesta mesma direção, conforme já anteriormente sugerido por Brenner *et al.* (1982), Barbosa *et al.* (1981) e Dayan & Keller (1989).

Dayan *et al* (2002) também confirmaram o mesmo regime transpressivo para a região de Santo Antônio de Pádua, e ainda, classificaram as faixas cataclásticas mapeadas por Brenner *et al* (1980), como um feixe de falhas *horsetail* (**Figura 1, 1-d**) que, associado à lineação de estiramento e *mullion structures*, encontrados na região, indicam o movimento transcorrente principal, definido por Campanha (1980). O regime transpressivo foi definido pelos autores a partir da verticalização das atitudes das foliações (xistosidade, foliação milonítica, etc.) observadas no campo, da

geometria assintótica do feixe de falhas e do sentido dextral do movimento. Estes fatores levaram ao desenvolvimento de um modelo de estrutura em flor positiva (**Figura 1, 1-e**) para a região, semelhante à Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul.

5.2 Estratigrafia e Domínio Regional

Como já foi mencionado neste trabalho, a área mapeada está contida na Folha Recreio (SF-23-X-D-VI-1), cuja cartografia geológica, até a presente data é inexistente. Sendo assim o levantamento da geologia regional foi feito com base nas folhas Santo Antônio de Pádua (SF-23-X-D-VI-2). Esta folha foi levantada, na escala 1:50.000, por Grossi Sad e Donadello Moreira (1978). Baseado no trabalho destes autores o DRM, em 1980, publicou a Folha Geológica Santo Antônio de Pádua descrevendo a Unidade Itaocara e Charnockitos da Serra da Bolívia de Grossi Sad e Donadello (1978), como Unidade Santo Eduardo e Unidade Bela Joana respectivamente. A Unidade Santo Eduardo, esta posicionada no chamado Agrupamento 2 e correlacionável ao Grupo Paraíba de Sul (Oliveira *et al*, 1978 *in* DRM-RJ, 1980).

A divisão aqui adotada pertence ao texto explicativo da Folha Geológica de Santo Antônio de Pádua (DRM-RJ, 1980) baseada, com algumas alterações, no mapeamento geológico realizado por Grossi Sad e Donadello (1978).

Divisão	Ano	1978	1980
		Diques Máficos	Diques Máficos
		Leptito Serra das Frecheiras	Leptito Serra das Frecheiras
Agrupamento I		Charnockito Serra da Bolívia	Unidade Bela Joana
Agrupamento II		Unidade Macuco Unidade Serra Vermelha Unidade Itaocara	Unidade Macuco Unidade Serra Vermelha Unidade Santo Eduardo

Agrupamento I

Unidade Bela Joana

São gnaisses charnockíticos, de coloração verde-acastanhado, com deformação milonítica limitada. Apresentam bandamento bastante homogêneo, marcado por bandas máficas e félsicas de espessura milimétrica a centimétrica. Lentes félsicas do bandamento podem estar dobradas isoclinalmente ou boudinadas. Veios mais jovens cortam esse bandamento. Segundo o mapeamento de Grossi Sad e Donadello (1978), essas rochas foram reconhecidas como intrusivas (Porcher, 1997).

Grossi Sad e Donadello mapearam dois corpos, um na Serra da Bolívia e outro na Serra José de Melo. Segundo os mesmos, tratam-se de corpos alongados, com formas lenticulares e contatos bruscos, apresentando assim um caráter de intrusão ao longo de estratos dobrados da encaixante.

Na Folha Recreio, esta unidade corresponde aos charnockitos da Serra da Pedra Bonita localizada na divisa entre os Estados do Rio de

Janeiro e Minas Gerais, a noroeste da Folha. Estes mesmos charnockitos também ocorrem próximos da cidade de Recreio (MG).

Agrupamento II

O Agrupamento II reúne rochas de caráter grauvaquiano, com intercalações de arenitos, calcários e margas, depositadas em ambiente geossinclinal nas fácies anfibolito alto e granulito e arrançadas segundo uma estrutura sinforme regional.

Este agrupamento é correlacionado ao Grupo Paraíba do Sul e foi dividido em três unidades: Santo Eduardo, Serra Vermelha e Macuco.

Unidade Santo Eduardo

Esta unidade ocorre, predominantemente, tanto na Folha Santo Antônio de Pádua quanto na Folha Recreio. Trata-se de uma seqüência de gnaisses granulíticos intercalados com gnaisses quartzo-feldspáticos interpretados por Grossi Sad e Donadello (1978 *in* DRM 1980) como de origem, predominantemente, sedimentar.

A base desta Unidade não se encontra exposta. Apresenta contato transicional delgado, no topo, para Unidade Serra Vermelha.

Gnaisses Granulíticos

Os Gnaisses granulíticos constituem o principal litotipo da Unidade Santo Eduardo. São caracterizados por coloração verde-acastanhado e pela ocorrência de piroxênio. A presença de lentes pegmatóides com textura oftalmítica e de grandes *augen* de plagioclásio (de 5-7 cm de diâmetro maior) é outra feição característica. Essas, por vezes estão levemente oblíquas ao bandamento, sugerindo tratar-se de veios pegmatóides. A granada é um mineral comum, mas nem sempre presente. Ocorre, geralmente na forma de grandes porfiroblastos alongados (em geral de 1-2 cm de diâmetro maior), em bandas de todas as composições. Hornblenda e biotita estão sempre presentes (Porcher, 1997).

Gnaisses Quartzo-feldspáticos

Além dos gnaisses granulíticos acima descritos, ocorrem ainda abundantemente na Unidade Santo Eduardo, gnaisses quartzo-feldspáticos (granada-biotita-plagioclásio gnaisses e biotita-plagioclásio-K-feldspato gnaisses). São rochas geralmente claras, acinzentadas ou rosadas. O bandamento é decimétrico, bem definido, marcado pela intercalação de bandas quartzo-feldspáticas com bandas máficas. O aspecto é muitas vezes de um “migmatito estromático”. Fora das zonas de cisalhamento principal pode estar afetado por zonas de cisalhamento transcorrente discretas, com movimentação dextral, ou por bandas de cisalhamento com movimentação sinistral, que parecem ser feições tardias (Porcher, 1997).

Unidade Serra Vermelha

Duas faixas da Unidade Serra Vermelha foram caracterizadas, uma na Serra da Caledônia e outra na Serra Vermelha. As duas faixas posicionam-se na parte central do sinforme Santa Maria Madalena, cujo núcleo é ocupado pela Unidade Macuco (Grossi Sad e Donadello, 1978).

Segundo os autores, a faixa da Serra da Caledônia é constituída por anfibólio gnaisses, anfibólitos e mármore calcíticos e dolomíticos.

A Unidade Serra Vermelha transiciona, no topo, para a Unidade Macuco.

Unidade Macuco

A Unidade Macuco posiciona-se paralelamente ao curso do Rio Paraíba do Sul e é limitada a noroeste e sudeste por rochas da Unidade Serra Vermelha (Grossi Sad e Donadello, 1978).

A predominância de biotita gnaisses e presença de biotita-granada gnaisses, anfibólio gnaisses, anfibolitos e produtos migmatizados destas litologias, sempre muito laminados e com trama blastomilonítica, compõem a unidade em questão.

Leptito Serra das Frecheiras

G. F. Rosier, em 1957, descreveu leptitos na folha de Santo Antônio de Pádua, referindo-se aos "... leptitos de granulação fina..." ao sul de Ibitiguaçu e Ibitiporã. O termo leptito é utilizado para descrever rochas essencialmente formadas por microclina e quartzo com trama gnáissica muito fina. Distinguiu-se dos granulitos por não terem quartzo discoidal, e por ausência de caráter laminado.

Tratam-se de rochas intrusivas ígneas injetadas após a fase de granulitização regional. Dois corpos foram identificados nos flancos da Serra das Frecheiras, um com aproximadamente 5 km de extensão e 250 m de largura e outro com 2,5 km de extensão e 150 m de largura (Grossi Sad e Donadello, 1978).

Diques Máficos

Ocorrem em cinco locais, corpos em dique, de material diabásico não metamorfizado, paralelos entre si e arranjados segundo N45°E (Grossi Sad e Donadello, 1978). Estes corpos são atribuídos ao magmatismo Cretácico-Terciário do Brasil meridional.

A rocha destes diques é esverdeada a cinzenta com trama fina a média.

6. Geologia da Área Estudada

A área mapeada é composta por ortognaisses e paragnaisses de auto grau metamórfico e estruturalmente complexos.

Foram mapeados três litotipos, a saber: Granulitos, Gnaisse bandado e Ortognaisse "Olho de Pombo". As duas primeiras litologias tratam-se do gnaisse regional e são as encaixantes do Ortognaisse "Olho de Pombo", que foi colocado em uma zona de cisalhamento de vórtice dextral que é a Falha Itajara-Pirapetinga.

Foram analisadas 9 lâminas destas 3 litologias, confeccionadas a partir de amostras coletadas de um perfil representativo dos litotipos mapeados (**Figura 06**) realizado no ponto 02 do mapa geológico (**em anexo**). Neste

tópico serão descritos os litotipos mapeados e sua petrografia e também a geologia estrutural.

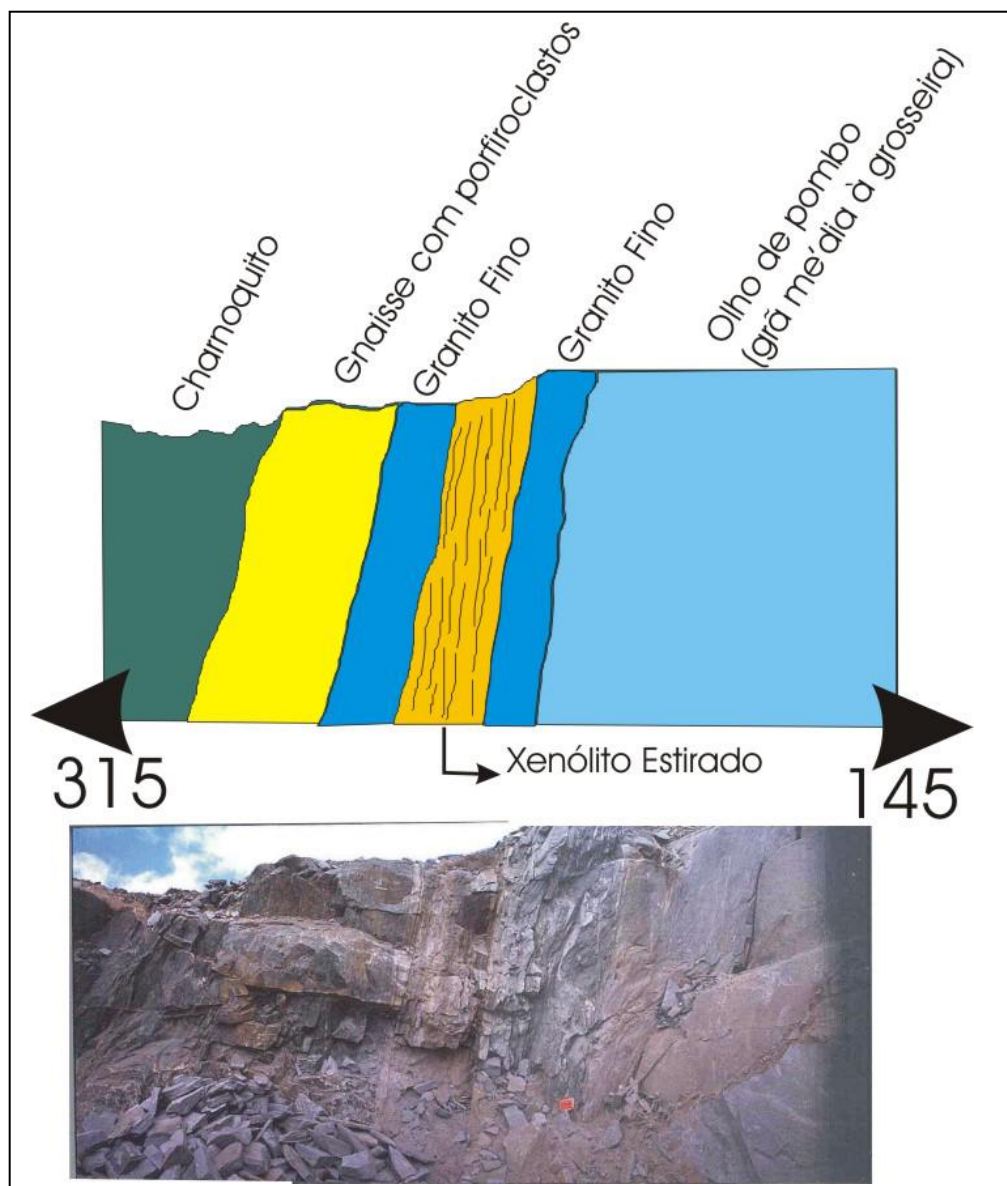


Figura 06: Perfil representativo das litologias mapeadas, localizado no ponto 02 do mapa geológico (em anexo).

6.1. Litotipos Mapeados

6.1.1. Gnaíse Bandado

Este litotipo representa a maior parte da área mapeada. É uma rocha de coloração cinza escura extremamente bandada com presença de porfiroclastos e com matriz granoblástica foliada. Estas bandas variam de milimétricas a centimétricas. É constituído, principalmente, por quartzo,

feldspato, pirobólios e biotita. Trata-se de um típico gnaiss que alterna domínios félsicos de composição quartzo-feldspáticas com domínios máficos ricos em pirobólios (**Figura 07**). A intercalação destes domínios forma à foliação desta rocha, e mergulha, aproximadamente, 67° para sudeste com *strike*, em média, de $044^\circ/225^\circ$.

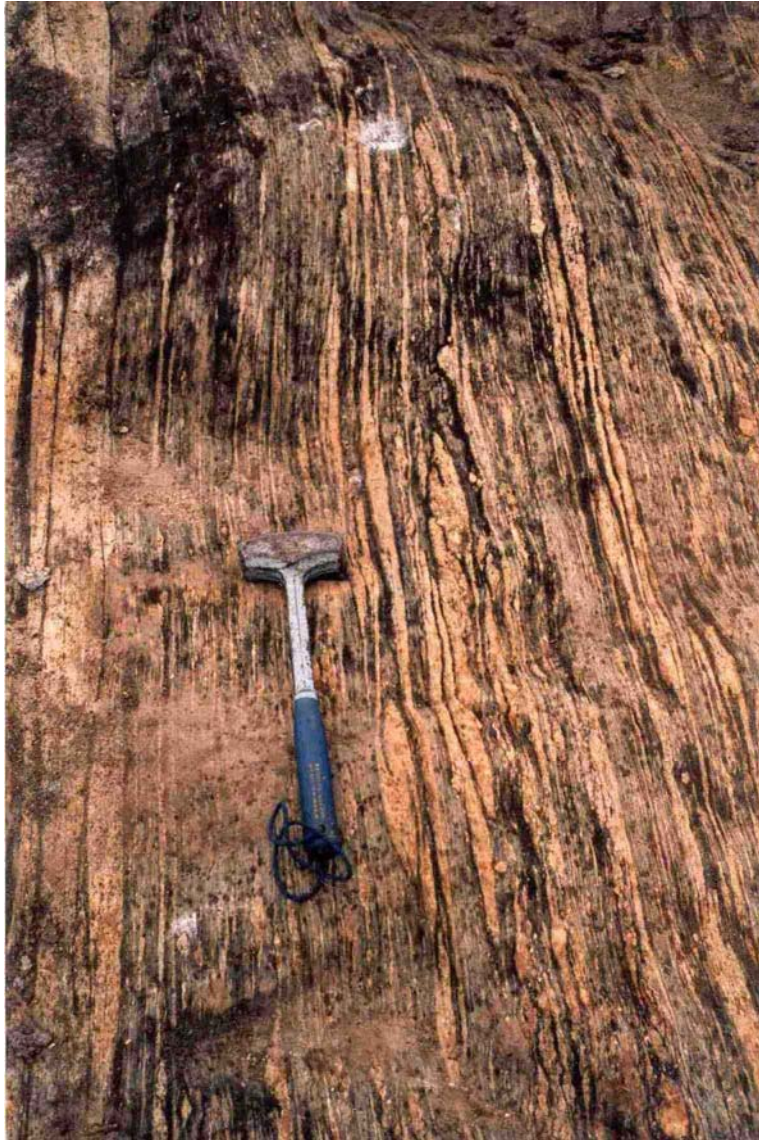


Figura 07 : Afloramento de gnaiss bandado alternando bandas máficas ricas em pirobólios com domínios quartzo feldspáticos.

Próximo às faixas miloníticas as bandas deste gnaiss transformam-se, gradativamente, em lâminas. Ele assume, por vezes, uma textura finamente listrada com lâminas muito finas de material félsico alternando com material máfico. Essas lâminas são muito planas e os contatos extremamente bruscos. Por vezes este gnaiss apresenta textura estromática, provável evidência de migmatização, com uma xistosidade muito fina repletos de vênulas e/ou veios pegmatíticos alongados na xistosidade (**Figura 08**). Essas vênulas e/ou veios são muito contínuos e, não necessariamente “semi boudinadas” contendo porfiroclastos de feldspatos em forma de *augens*.

Existem também longos cordões de quartzo puro individualizados e ou intimamente associados aos veios de pegmatitos.

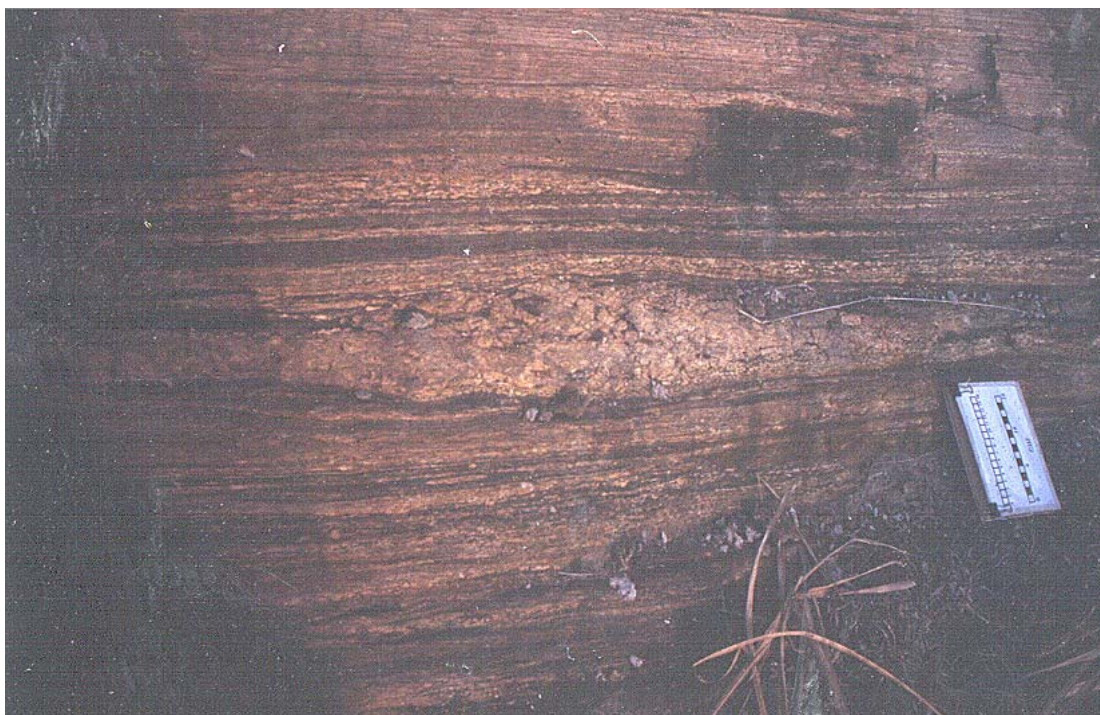


Figura 08: Gnaiss laminado com veio de pegmatito alongado na xistosidade

Na parte mais distal a zona de cisalhamento as bandas são mais espessas e de espessura não constante, variando entre 2,5 mm (milimétricas) e 2,0 cm (centimétricas). Também é comum encontrar texturas migmatíticas nessa área. Na presença de porfiroclastos, na sua maioria de feldspatos, apresentam domínios anastomóticos (*fluxion structures*) adquirindo a textura de *augen-gnaisses* ou *gnaiss ophtalmítico*. Ocorrem, também, dobras apertadas mais ou menos paralelas e com eixo vertical, indicando a deformação que este gnaiss sofreu, além de dobras ptigmáticas em alguns afloramentos. É comum encontrar boudins de material máfico com eixo maior de, aproximadamente, meio metro de comprimento.

A foliação gnáissica, dada pela alternância de bandas máficas com bandas félsicas, e a textura granoblástica se confirmam ao microscópio. As bandas máficas são constituídas pelo arranjo de minerais tabulares, como a biotita, com minerais prismáticos, que são os piroxênios e anfibólios. As bandas félsicas são compostas por domínios quartzo-feldspáticos, dispostos

em uma trama granoblástica, constituídos por quartzo e plagioclásio recristalizados. Ocorrem porfiroclastos de plagioclásio e ortoclásio pertítico, que conferem um caráter anastomótico a foliação. Este domínios ainda apresentam fitas de quartzo (*ribbons*), com comprimento de 4 a 6 mm distribuídas paralelamente ou sub-paralelamente ao bandamento, que realçam os planos de foliação.

Em lâmina delgada este gnaisse apresenta a seguinte constituição mineralógica: quartzo, feldspato (plagioclásio e ortoclásio), piroxênio hiperstênio, hornblenda e biotita, e como acessórios: zircão, apatita sericita, allanita e minerais opacos.

Análise Microscópica

O quartzo ocorre compondo a matriz, juntamente com o plagioclásio, intensamente recristalizados e com extinção ondulante, com contato reto entre os grãos e fortemente poligonizados. Raramente ocorrem fitas de quartzo (*ribbons*) com comprimento de 4 a 6 mm que estão dispostas paralelamente ou subparalelamente a foliação da rocha (**Figura 09**). Em alguns contatos com grãos de plagioclásio é possível observar a formação de mirmequita. Os grãos maiores apresentam fraturamento preenchido por sericita.

As espécies de feldspato encontradas, nas lâminas analisadas, foram o plagioclásio e o K-feldspato. Os plagioclásios, assim como o quartzo, ocorrem como agregados cristaloblásticos na matriz com tamanho de 0,2 mm, possuindo contatos poligonais entre os grãos evidenciando a recristalização que sofreram. Também ocorrem como porfiroclastos, com tamanho aproximado de 1,4 mm, imersos na matriz, com nítida geminação polissintética (**Figura 10**), alguns possuindo forma elipsoidal. As bordas destes porfiroclastos apresentam mantos de recristalização e sombras de pressão constituídas por quartzo policristalino. Esses plagioclásios podem ser classificados como oligoclásio.

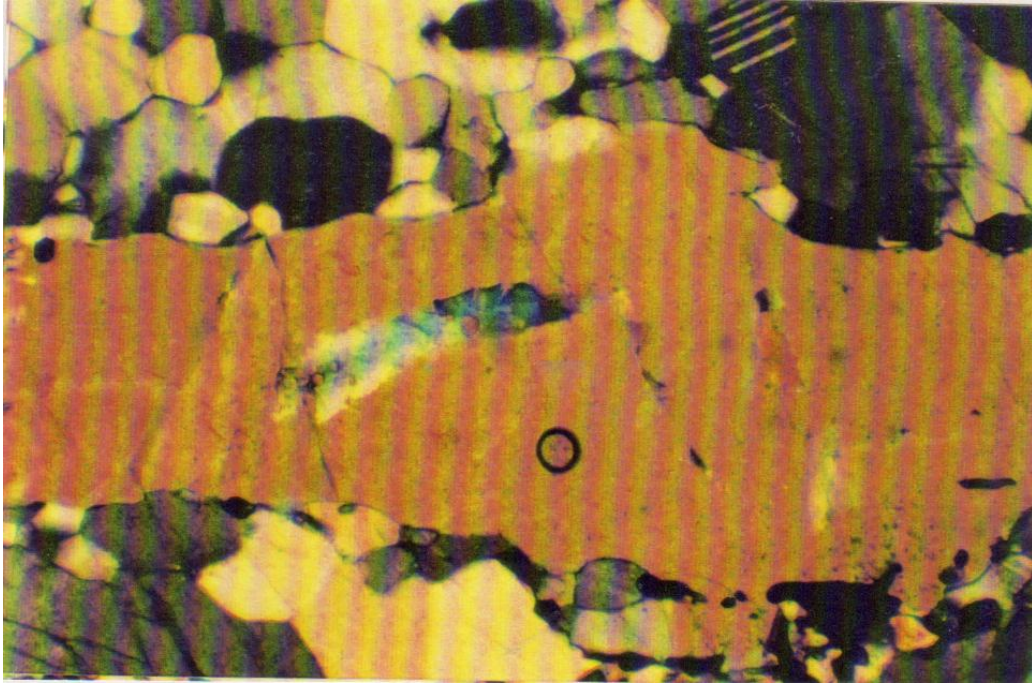


Figura 09: Fita de quartzo monocristalina no gnaiss bandado, juntamente com cristais de quartzo apresentando contatos retos e poligonizados entre os grãos composito, juntamente com o feldspato, a matriz granoblástica.

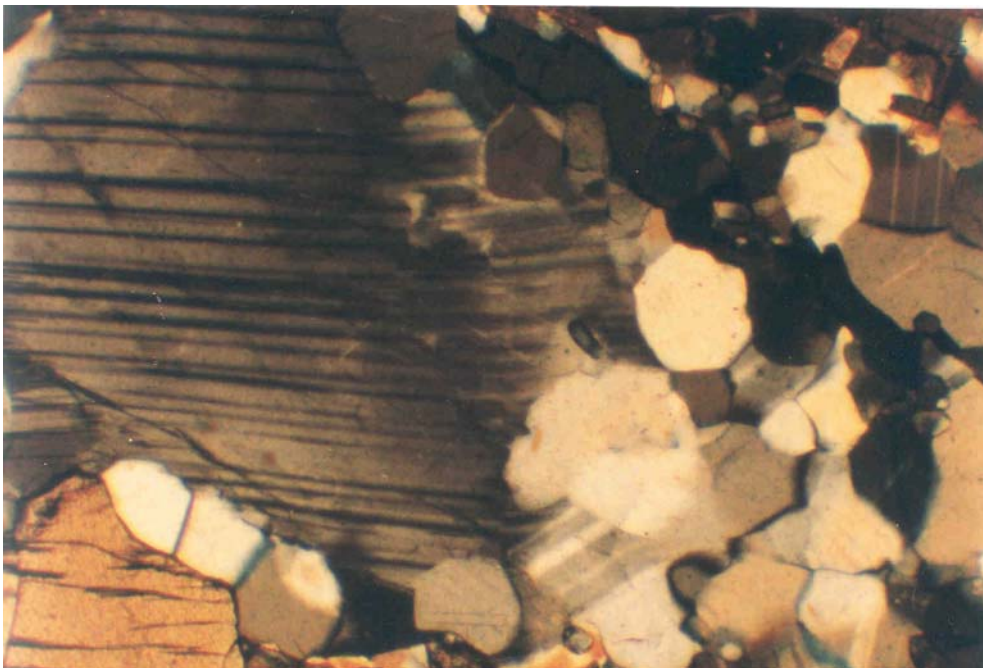


Figura 10: Fotomicrografia de um porfiroclasto de plagioclásio com nítida geminação polissintética, juntamente com matriz granoblástica de composição quartzo-feldspática.

O alcalifeldspato encontrado nessa rocha é o ortoclásio perítico, que aparece como porfiroclastos xenomórficos.

O piroxênio encontrado foi o hiperstênio, com pleocroísmo rosa a verde pálido e relevo muito alto. Os cristais são anédricos e dispersos na matriz, porém formam raros porfiroclastos, e a orientação do eixo maior é paralela à foliação. Apresenta indícios de deformações sofridas como fraturas perpendiculares ao eixo maior do prisma. Essas fraturas são preenchidas por ex-solução de ferro, e devido a sua geometria podem indicar esforços de estiramento que atuaram na rocha. As bordas destes cristais estão recristalizadas e com substituição para anfibólio (**Figura 11**).

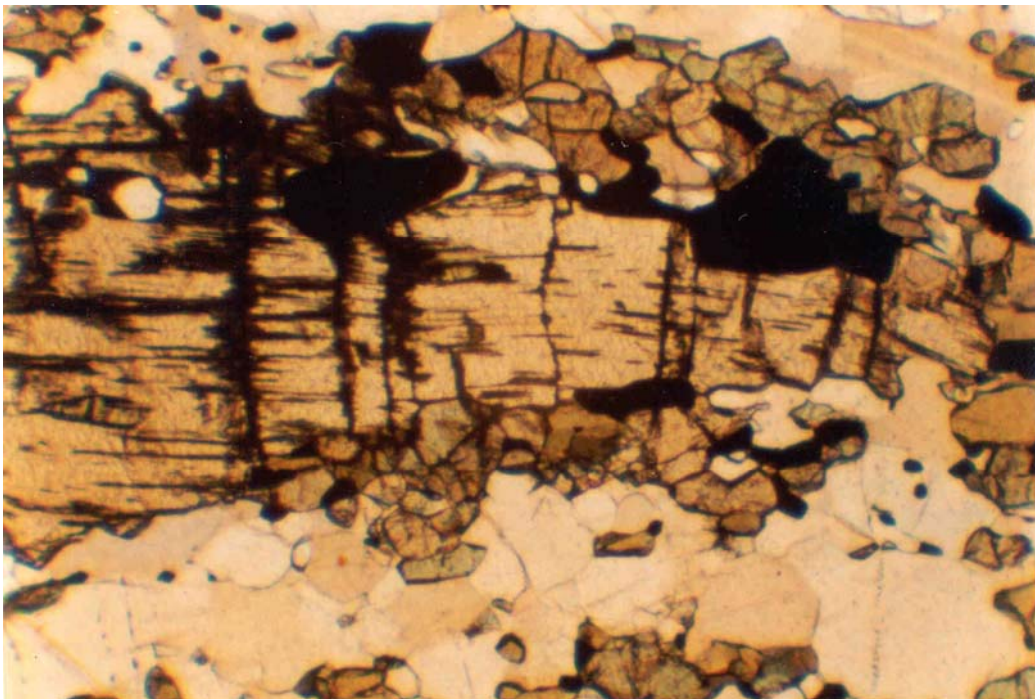


Figura 11: Porfiroclasto de ortopiroxênio com fraturas perpendiculares ao eixo maior do cristal. O pórfiro apresenta inclusão de minerais opacos e borda alterando para anfibólio.

O anfibólio identificado ao microscópio é a hornblenda, com pleocroísmo verde escuro a marrom e cristais xenomórficos a hipidiomórficos. Ocorre na matriz, em grãos médios a pequenos mais ou menos orientados com a foliação (**Figura 12**). Raramente forma porfiroclastos, mas quando ocorrem apresentam duas direções de clivagem interceptando a 120° . Alguns grãos apresentam micro fraturas preenchidas por biotita. Ocorre também como alteração do piroxênio.

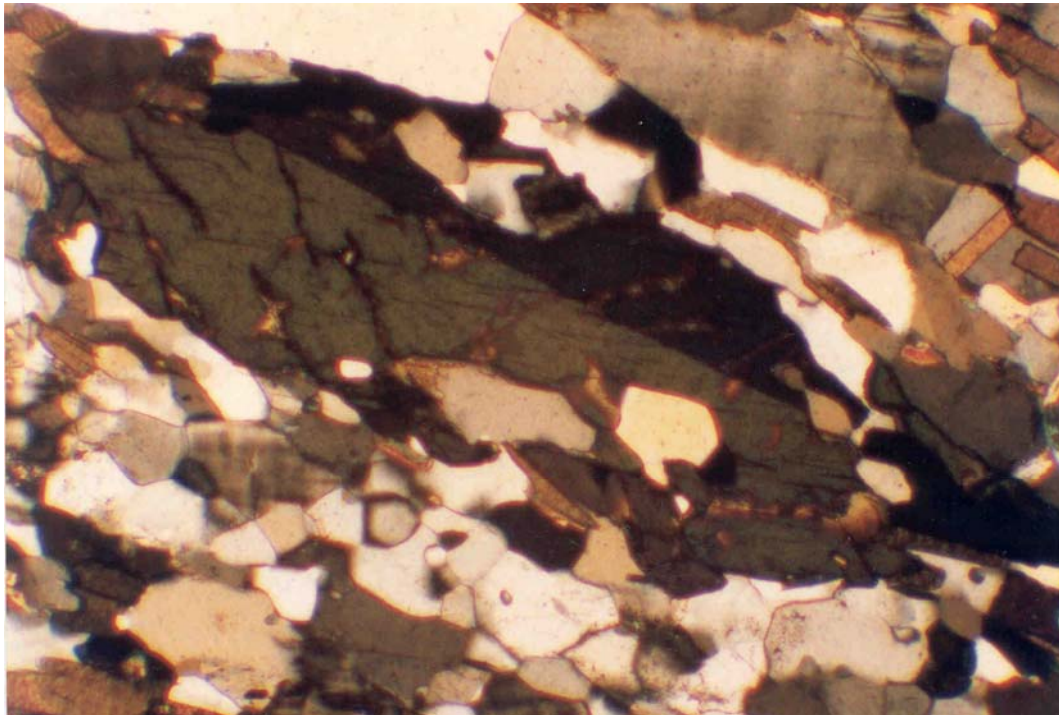


Figura 12: Porfiroclásto de hornblenda com eixo maior alinhado com a foliação. Apresenta intenso fraturamento preenchido por biotita e inclusões de quartzo

A biotita ocorre com pleocroísmo variando de castanho claro a marrom escuro e cristais hipidiomórficos. Formam grãos pequenos na matriz orientados de acordo com a foliação formando uma pequena xistosidade. Aparece substituindo a hornblenda seja nas fraturas ou nas bordas.

Os minerais acessórios identificados foram o zircão, apatita, sericita, allanita e minerais opacos. Todos dispostos na matriz com grã fina ou incluso em cristais de hornblenda ou hiperstênio.

6.1.2. Granulito

São rochas de cor verde bem escura com bandas de gnaiss claro esverdeados com espessuras variando de 1 a 2 cm. Seus afloramentos ocorrem ao longo da Serra do Bonfim, em cortes de estradas nas subidas das serras e em lajedos nas encostas das serras (**Figura 13**). Sua composição varia, sendo observado em alguns afloramentos a presença de feldspato, pirobólios e quartzo ou então somente feldspato e pirobólios. Foi possível identificar cristais de bronzita nestas rochas.



Figura 13: Afloramento do Granulito em forma de lajedo.

Em alguns afloramentos é possível observar vênulas finas, de 0,5 a 1 cm de espessura, de pegmatitos ricos em feldspato amarelo esverdeados com pequenos e escassos cristais de pirobólios pretos, concordantes com as bandas claras de gnaiss. Essas bandas por sua vez são bem planas com contatos bem abruptos conferindo a rocha uma intensa foliação. Esse litotipo, assim como o gnaiss bandado, assume um caráter textural laminado quanto mais próximo à zona de cisalhamento, ocorrendo fitas de quartzo paralelas ou subparalelas a foliação. Sua granulometria é fina com uma matriz granoblástica, com grãos variando de 0,1 a 0,4 mm e porfiroclastos de, aproximadamente 3 cm.

Ao microscópio esse litotipo é composto por: quartzo, plagioclásio (oligoclásio), K-feldspato (ortoclásio), biotita, hornblenda, clinopirôxênio (diopsídio), ortopiroxênio (hiperstênio) e como acessórios zircão, apatita e opacos. A textura. Em lâmina delgada a trama desta rocha foi caracterizada como granoblástica foliada. Esta trama é formada por uma matriz poligonizada, composta por agregados cristaloblásticos de quartzo, plagioclásio, biotita, hornblenda e clinopirôxênio com granulometria fina variando entre 0,2 a 0,6 mm. Os porfiroclastos são formados por hornblenda e ortopiroxênio e raros feldspatos potássicos.

A foliação da rocha é aspecto marcante também nas lâminas observadas, sendo dada pela alternância de bandas félsicas (quartzo-feldspáticas) e máficas (piroxênio, anfibólio e biotita). O quartzo pode ainda formar fitas que se dispõem paralelamente ao plano da foliação.

Análise Microscópica

O quartzo ocorre na matriz sob a forma de pequenos cristais xenomórficos ou idiomórficos não deformados, ou sob a forma de fitas monocristalinas orientadas segundo a foliação da rocha, com intensa extinção ondulante.

Nas lâminas analisadas formam encontrados o plagioclásio e raros cristais de feldspato potássico.

O plagioclásio ocorre na matriz recristalizada na forma de pequenos cristais poligonizados que compõem a matriz granoblástica ou sob a forma de agregados cristaloblásticos com cristais hipidiomórficos e idiomórficos com geminação polissintética ainda preservada (**Figura 14**).

A biotita aparece na matriz sob forma de pequenos grãos de 0,4 mm, agregados em forma de escamas orientadas de acordo com a foliação. Essas escamas são hipidiomórficas a idiomórficas e o pleocroísmo é amarelo claro a castanho escuro. Esse mineral também ocorre associado à hornblenda e hiperstênio, formando bordas de reação indicando um provável retrometamorfismo.

O anfibólio encontrado foi a hornblenda com pleocroísmo verde escuro a marrom. Aparece na matriz com grãos pequenos de 0,6 mm ou como porfiroclastos substituídos por biotita, alguns com microfraturas também preenchidas por biotita. Os porfiroclastos exibem forma alongada com eixo maior paralelo à foliação. Os cristais são xenomórficos a hipidiomórficos.

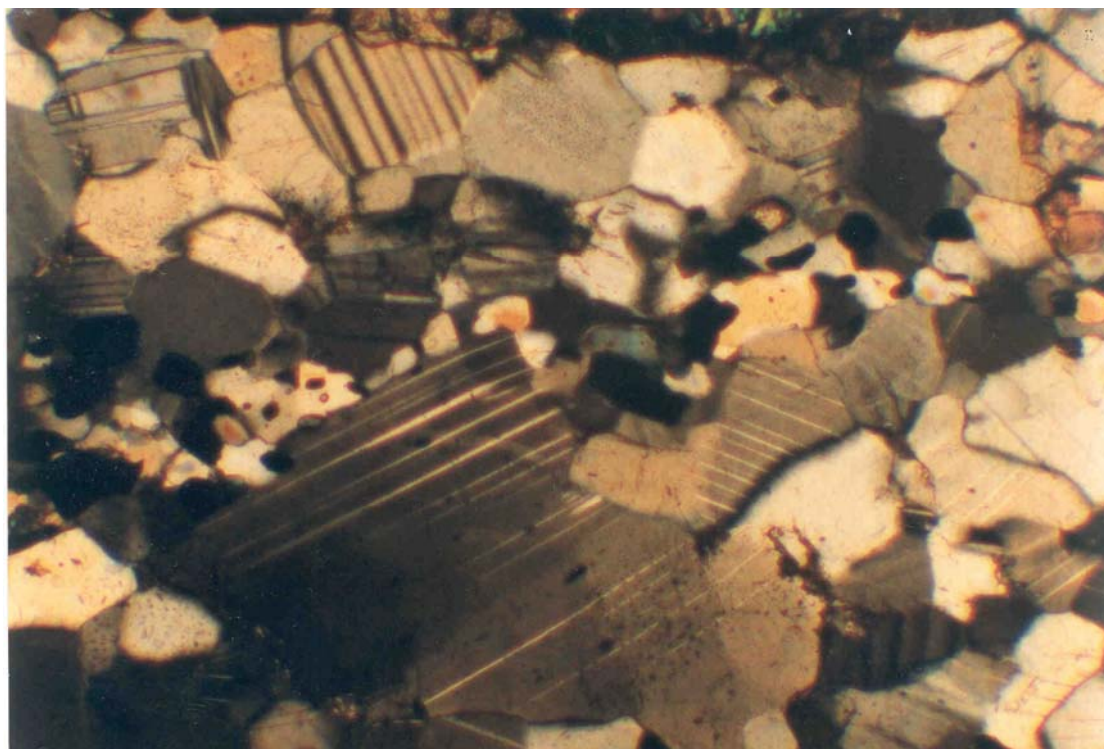


Figura 14: Agregados cristaloblásticos de plagioclásio com geminação polissintética juntamente com pequenos cristais de quartzo formando a matriz granoblástica.

Os piroxênios encontrados na rocha são o clinopiroxênio diopsídio e ortopiroxênio hiperstênio. O diopsídio aparece em forma de pequenos grãos na matriz com pleocroísmo verde claro a incolor, com tamanho aproximado de 0,6 mm. O hiperstênio analisado, possui pleocroísmo rosa a verde claro e relevo muito alto. Aparece sob forma de porfiroclastos, sendo cristais xenomórficos com acentuado fraturamento perpendicular ao eixo maior do cristal (**Figura 15**). Essas fraturas são preenchidas por biotita. Em alguns cristais as bordas são substituídas por hornblenda ou biotita e também se encontram inclusões de opacos.

Foram encontrados zircão, apatita e opacos como minerais acessórios. O zircão aparece em pequenos grãos com formas arredondadas ou ovóides, dispersos na matriz ou inclusos principalmente na hornblenda. A apatita ocorre como inclusões globulares ou idiomórficas na hornblenda, assim como o zircão ou dispersa na matriz. Os minerais opacos ocorrem, principalmente, inclusos no hiperstênio.

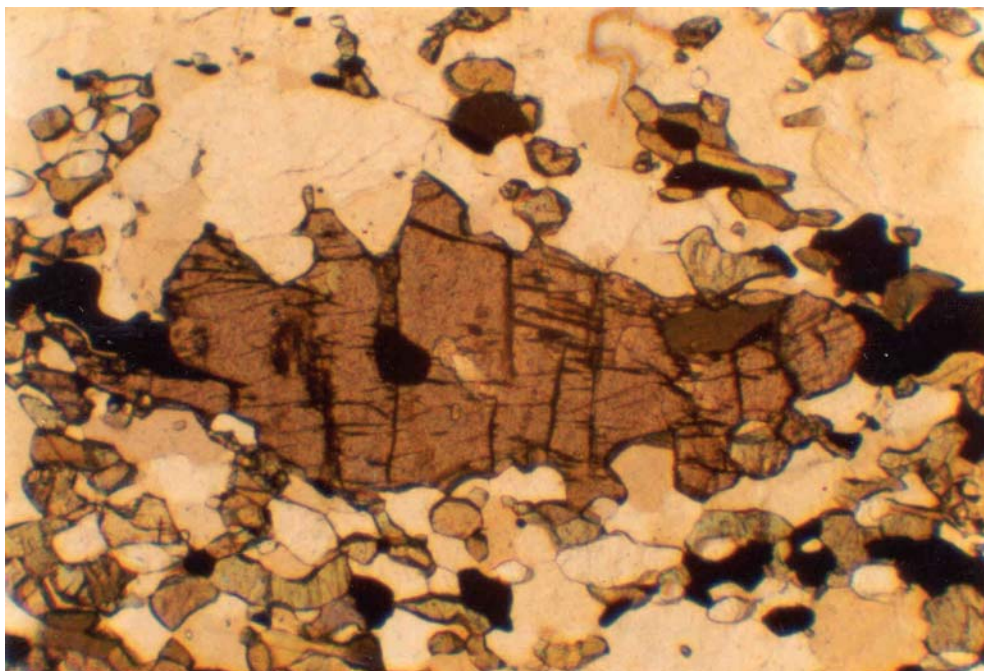


Figura 15: Ortopiroxênio fraturado com inclusão de minerais opacos e borda alterando para anfibólio.

6.1.3. Ortognaisse “Olho de Pombo”

Trata-se da rocha lavrada na região. É um ortognaisse milonitizado encaixado em uma zona de cisalhamento de rejeito direcional dextral. O mapeamento realizado anteriormente na região por Novellino (1999), na escala de 1:50.000, expôs uma faixa única, contínua, onde está contido este ortognaisse e um domínio regional constituído pelos gnaisses e granulitos já descritos nesse capítulo e também mapeados neste trabalho. O mapeamento geológico de detalhe, na escala de 1:10.000, realizado neste trabalho revelou 5 faixas deste ortognaisse, com espessuras variando de 1 a 60 metros. As encaixantes destes corpos são o gnaisse bandado e o granulito. O extremo alinhamento das lavras de rocha ornamental, constatado no mapeamento, foi preponderante na delimitação destas faixas (**Figura 16**).

A mineralogia principal deste litotipo é constituída por quartzo, feldspatos, biotitas e pirobólios. São rochas caracterizadas por sua cor cinza e por serem intensamente homogêneas. A granulometria é fina a média com presença de porfiroclastos de pirobólios ou feldspatos. A foliação é bem evidenciada e marcada pelo arranjo planar das biotitas e por *ribbons* de quartzo.



Figura 16 : alinhamento das lavras de rocha ornamental ao longo da zona de cisalhamento

O contato entre os corpos de ortogneisse e suas encaixantes é brusco (contato *sharp*) (**Figura 17**) e na borda deste contato o ortogneisse assume uma granulometria fina, que aumenta em direção ao centro destes corpos (**Figura 18**). De acordo com Dayan (2000), essa variação granulométrica da borda para o centro dos corpos de ortogneisse assinala uma textura característica de uma borda de resfriamento, indicando a origem ígnea desta rocha. Análises químicas realizadas por Leite (2002) indicaram que essa rocha é rica em K_2O , o que, segundo o autor, pode ser um reflexo de sua composição granítica. A presença, neste litotipo, de xenólitos estirados de gnaisses estromático corrobora com essa tese (**Figura 19**).

Este gnaisse apresenta variações texturais e mineralógicas, ao longo da área estudada, que possibilitaram a denominação de três tipos comerciais da rocha lavrada, por parte dos produtores locais: (a) “Granito Olho de Pombo” que é o ortogneisse “olho de pombo” de granulometria média com

porfiroclastos e agregados de microclina; (b) “Granito Pinta Rosa” que é o ortogneisse “olho de pombo” enriquecido em microclina e o (c) “Granito Fino” que é o ortogneisse extraído da borda de resfriamento com grã fina e raros pórfiros de plagioclásio.



Figura 17: Contato brusco entre o ortogneisse “Olho de Pombo” e sua rocha encaixante

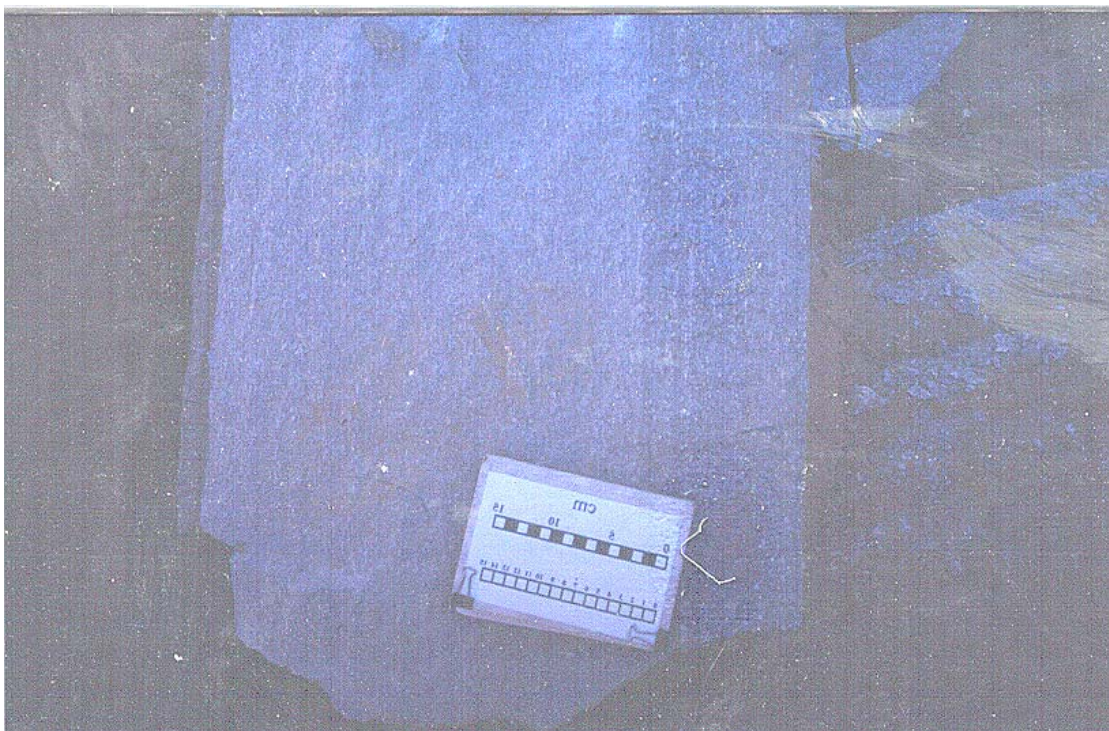


Figura 18: Fotografia de um bloco extraído de ortogneisse “Olho de Pombo” de cor cinza e intensamente homogêneo. É possível visualizar a variação granulométrica e textural com o aumento da grã da esquerda para a direita.

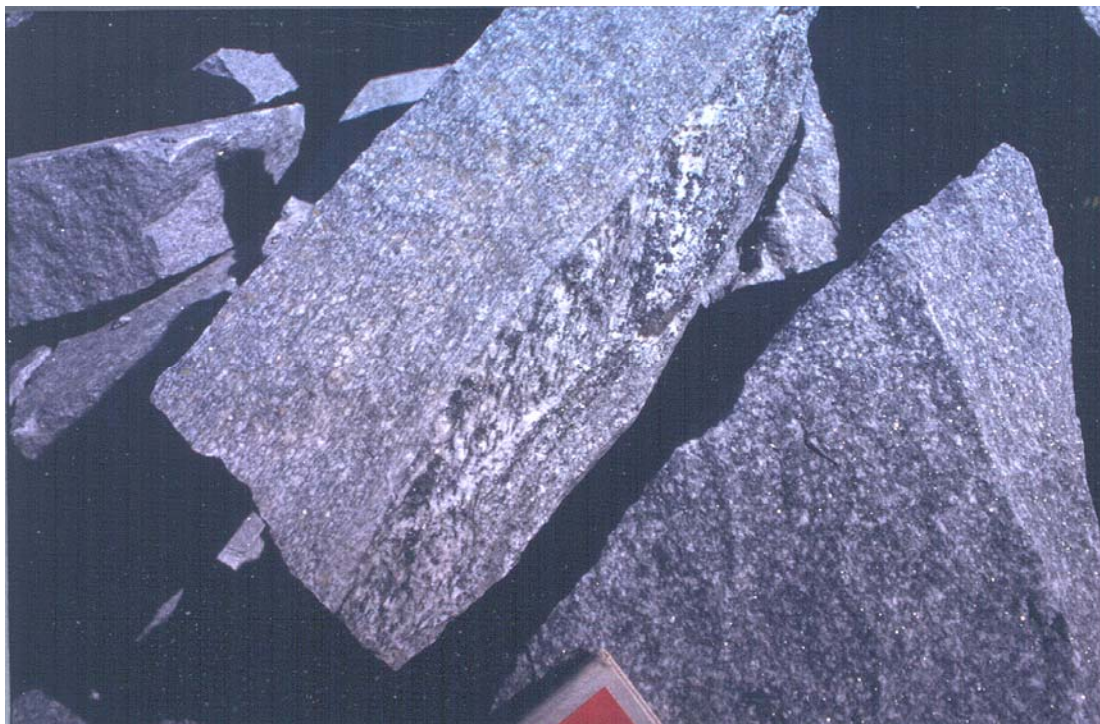


Figura 19: Xenólito de gnaiss estromático contido no ortogneisse “Olho de Pombo”.

Associados a essa rocha ocorrem corpos tabulares de pegmatito concordantes ou não com a foliação e geodos que, segundo Pires *et al* (2001), foram originados de uma fase hidrotermal posterior à deformação e cuja mineralogia, segundo o mesmo autor, é: alcalifeldspato, quartzo, hornblenda, calcita, allanita, biotita e sulfetos. Ainda ocorre na face norte da Serra do Bonfim um dique de leucogranito de granulometria fina cortando o ortogneisse “Olho de Pombo”.

Em lâmina delgada essa rocha apresenta a seguinte mineralogia: quartzo, plagioclásio, k-feldspato (microclina e raros ortoclásios), biotita e hornblenda e como acessórios: apatita, allanita, zircão e minerais opacos.

A trama desta rocha foi classificada como proto a milonítica. A foliação é dada por arranjos planares de biotita e prismáticos de hornblenda intercalando com domínios quartzo-feldspáticos intensamente recristalizados e abundantes fitas de quartzo de 5,0 mm de comprimento. A matriz da rocha

é granoblástica de grã fina (0,1 a 0,3 mm) composta por cristais poligonizados de quartzo e plagioclásio com agregados cristaloblásticos de microclina. Os porfiroclastos são, na sua maioria, de ortoclásio pertítico e, em menor quantidade, de plagioclásios. Os porfiroclastos assumem forma elipsoidal, com eixo maior medindo entre 3,0 e 5,0 mm e paralelo à foliação da rocha. A ocorrência destes porfiroclastos confere um padrão anastomótico à foliação e conduz a formação de sombras de pressão em seu entorno constituídas por quartzo recristalizado.

Análise Microscópica

O feldspato predominante nas lâminas analisadas é o K-feldspato e, em menor proporção o plagioclásio. O feldspato potássico é representado pela microclina, em forma de agregados cristaloblásticos, com típica geminação *tartan* (**Figura 20**) e por porfiroclastos de ortoclásio pertítico, em forma de *augens* (**Figura 23**). O plagioclásio aparece como porfiroclastos formando elipsóides com formação de sombras de pressão, ou recristalizados na matriz em formas de cristais poligonizados, todos com geminação polissintética (**Figura 21**).

O quartzo ocorre predominantemente em forma de fitas (*ribbons*) e, secundariamente, em forma de cristais poligonizados compondo a matriz granoblástica (**Figura 22**). As fitas de quartzo possuem comprimento de 3 a 5 mm e são mono e policristalinas. Elas são as principais responsáveis pela formação da foliação milonítica e na presença de porfiroclastos de feldspato apresentam caráter anastomótico (**Figura 23**).

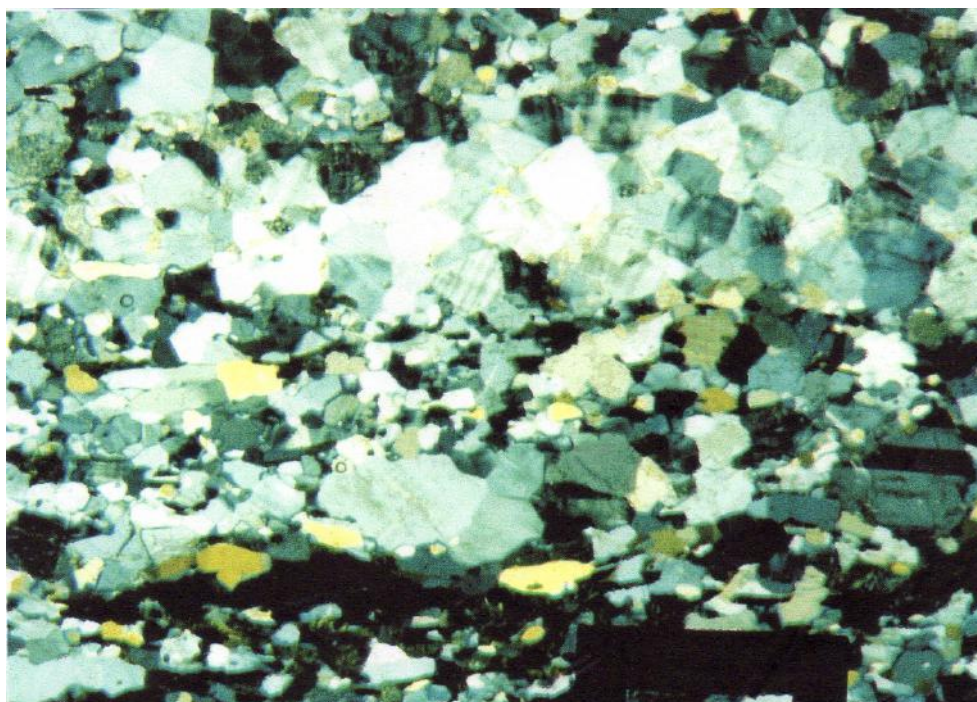


Figura 20: Agregados cristaloblásticos de microclina com geminação *tartan*.



Figura 21: Porfiroclásto de plagioclásio com geminação polissintética imerso na matriz.

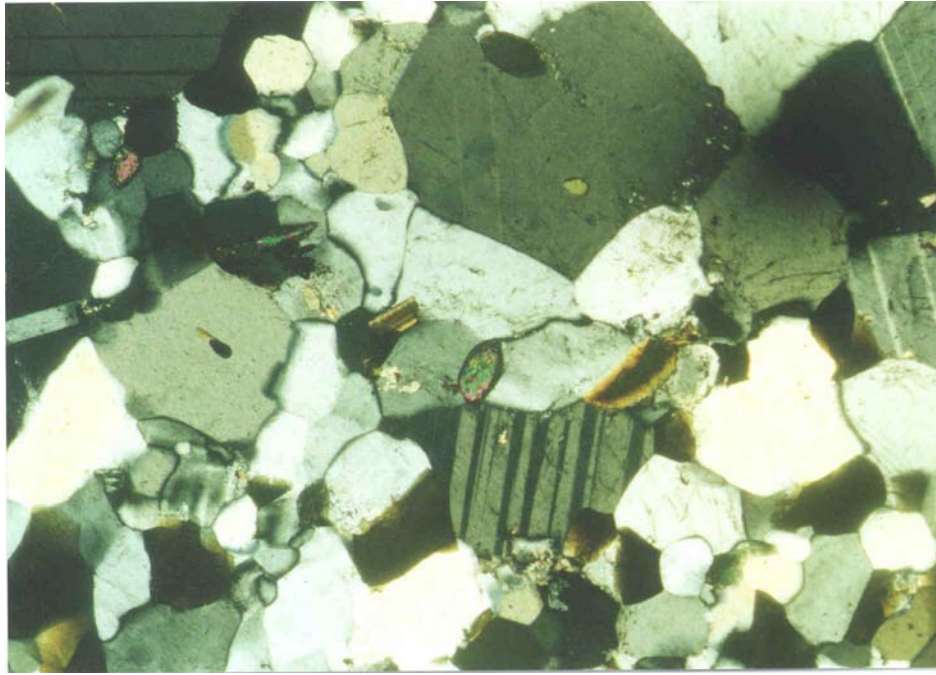


Figura 22: Cristais de quartzo poligonizado compoendo a matriz granoblástica.

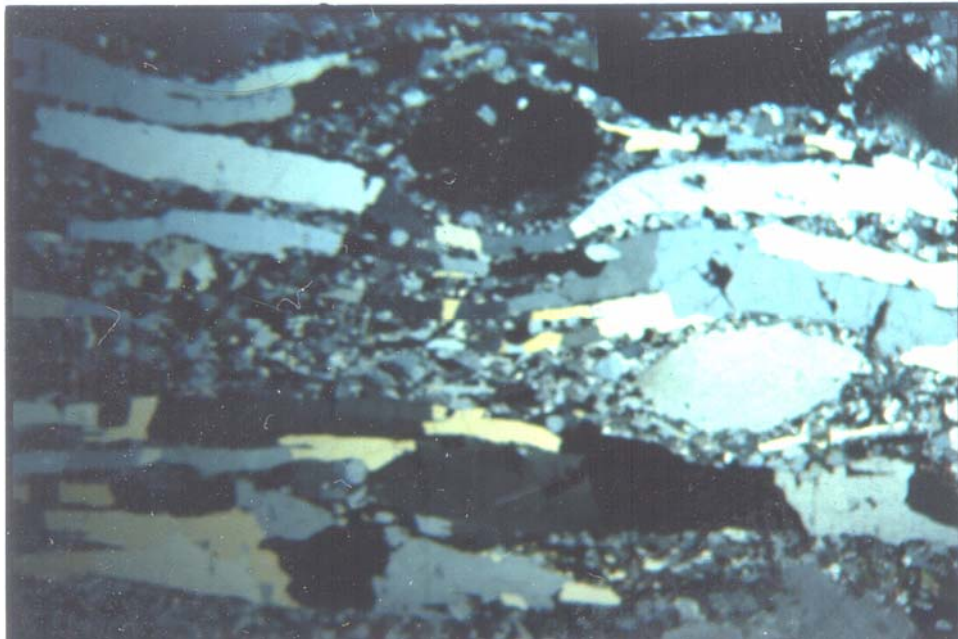


Figura 23: Padrão anastomótico das fitas de quartzo dado pela presença de porfiroclastos de ortoclásio pertítico.

A biotita analisada apresenta pleocroísmo castanho claro a marrom escuro com tamanho variando entre 0,1 e 0,4 mm. Encontram-se recristalizados em forma de escamas que acompanham a foliação (**Figura 24**).

O anfibólio analisado é a hornblenda. Ela ocorre sob a forma de cristais alongados com eixo maior paralelo a foliação. O tamanho médio dos cristais apresenta uma seqüência de fraturamentos perpendicular ao eixo maior do cristal indicando um caráter mais rúptil deste mineral em resposta a deformação.

Quanto aos minerais acessórios, a apatita aparece como cristais anédricos na matriz ou como inclusões em minerais félsicos ou associadas aos minerais máficos. O zircão é raro e ocorre em pequenos grãos na matriz ou como cristais euédricos inclusos na hornblenda e plagioclásio. Os minerais opacos possuem tamanho aproximado de 0,2 mm e exibem forma arredondada. A allanita é rara, pré deformativa e bastante alterada, possuindo halos de dispersão radioativa.

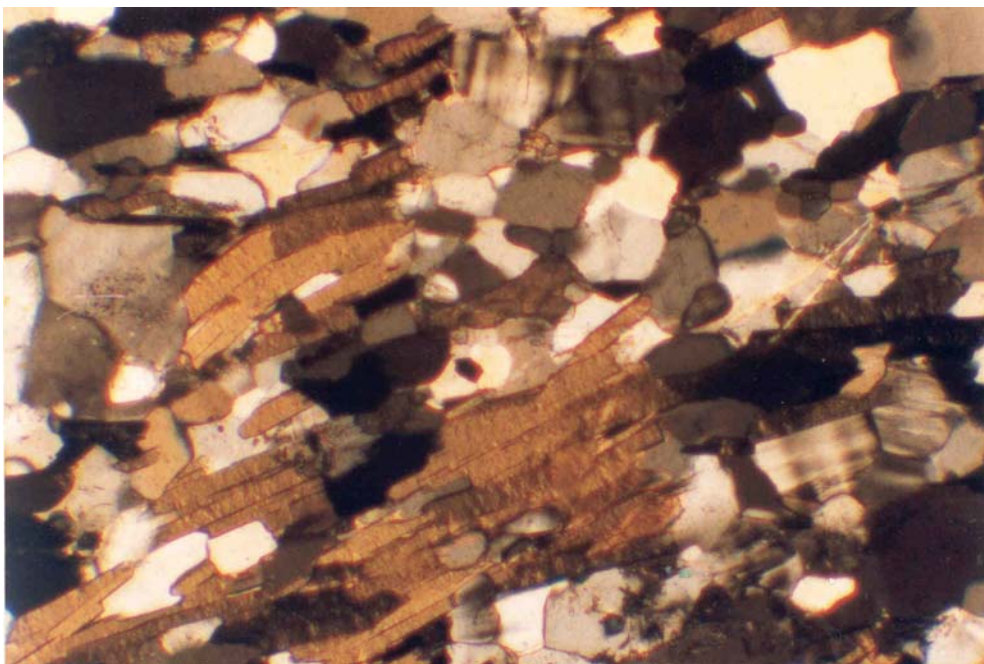


Figura 24: Cristais de biotita em forma de escamas de dispostos conforme a foliação e imersos na matriz.

6.2. Geologia estrutural

6.2.1. Introdução

Conforme citado, a região de Santo Antônio de Pádua é cortada por um feixe de falhas transcorrentes, classificadas por Brenner *et al* (1982) como

faixas cataclásticas de Miracema, Itajara, Santo Antônio de Pádua, Baltazar e São João Paraíso. Dayan *et al* (2002) classificam estas faixas como um feixe de falhas *horse tail* oriundos dos *splays* da Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul, que se ramificam assintoticamente na altura da cidade de Além Paraíba. Esses lineamentos estão contidos no flanco noroeste do Sinformal de Santa Maria Madalena (DRM, 1980), principal estrutura de cunho regional contida na Folha Santo Antônio de Pádua e adjacências.

A Falha Itajara-Pirapetinga (Dayan 2000) denominada por Brenner como Faixa Cataclástica de Itajara, objeto de estudo deste trabalho e inserida no contexto acima citado, é uma falha de regime transcorrente de vórtice dextrógiro. Nesta zona de cisalhamento esta *emplacement* um ortognaisse milonitizado fruto de um magmatismo granítico sintectônico (Dayan 2000). Este processo deu origem a um milonito-gnaiss que se trata do ortognaisse “Olho de Pombo” que é explorado como rocha ornamental.

Mapeamentos realizados anteriormente na região (Novellino-1999, Pasin-2000) expuseram uma faixa única e contínua onde estariam inseridos estes ortognaises intensamente deformados. O mapeamento em escala de detalhe (1:10.000), realizado neste trabalho, revelou cinco faixas individualizadas destes ortognaises dispostas em um padrão *en echelon*. Um dos fatores que proporcionou a identificação deste padrão escalonado foi a extrema linearidade das lavras de rocha ornamental nas respectivas faixas de ortognaisse **(ver mapa geológico em anexo)**.

Segundo Dayan *et al* (2002) o padrão *en echelon* das faixas de ortognaisse pode ser interpretado como sendo fruto de um controle estrutural dado por *P-Shears* ao longo dos quais os corpos magmáticos intrudiram. De acordo com o autor, isso pode explicar a linearidade das lavras de rocha ornamental. Dayan ainda sugere que cada faixa de ortognaisse pode constituir uma disposição de lentes anastomóticas originadas por *R-Riedel Shears* cortadas e fundidas por *P-Shears*. Este jogo inteiro submeteu-se a rotação tornando-se intensamente estirado, devido ao conjunto de processos de deformação oriundos do regime transpressivo atuante na região.

O regime transpressivo atuante na área estudada gerou uma série de estruturas planares e lineares frutos das deformações ocorridas nas rochas mapeadas na região. Estas estruturas serão descritas a seguir e são preponderantes na interpretação da história deformacional da área estudada.

6.2.2 Estruturas Planares

6.2.2.1. Foliação Regional

Estrutura planar que corresponde a foliação presente no gnaisse bandado e nos granulitos. Este bandamento é dado pelo arranjo de minerais tabulares e prismáticos de composição máfica alternando com domínios quartzo-feldspáticos (**Figura 25**). A espessura dessas bandas varia de centimétrica a milimétrica. Esta foliação está presente no domínio regional, nas zonas de menor deformação localizadas entre as faixas miloníticas.

Esta foliação apresenta atitudes com *strike* de $045^{\circ}/225^{\circ}$ mergulhando em média de 66° para SE.

6.2.2.2. Foliação Milonítica

Ocorre nas cinco faixas miloníticas mapeadas, onde a deformação foi mais intensa. O ortognaisse “olho-de-pombo” assume textura proto a milonítica, dentro destas faixas, com intensa redução granulométrica e formação de fitas de quartzo (*ribbons*). As rochas do domínio regional próximas às zonas de cisalhamento também assumem caráter milonítico.

As fitas de quartzo são as principais responsáveis pela formação da foliação milonítica e, juntamente com agregados de minerais máficos, conferem a rocha um aspecto intensamente laminado (**Figura 26**). Os *ribbons* de quartzo são poli e monocristalinos e podem ser vistos tanto em microscópio como à vista desarmada. Segundo Dayan (1999) essas fitas apresentam-se oblatas.

Como na foliação regional essa foliação possui *strike* em torno de $045^{\circ}/225^{\circ}$ mergulhando em média 66° para SE.



Figura 25: Foliação regional no gnaiss bandado extremamente alterado.

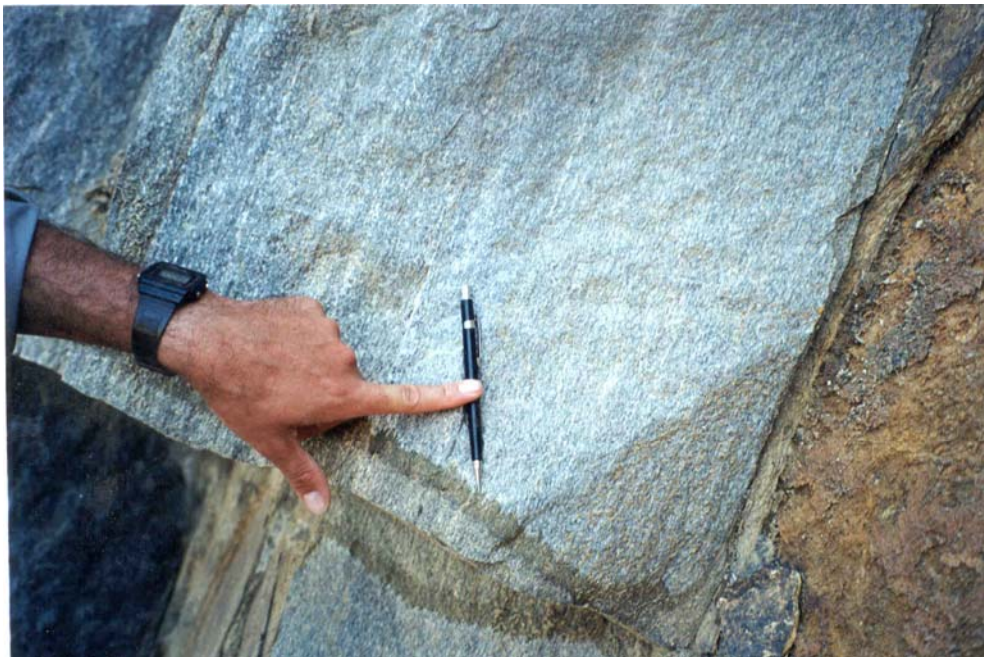


Figura 26: Foliação milonítica no ortognaiss “Olho de Pombo” apresentando intensa redução granulométrica.

6.2.3. Estruturas Lineares

6.2.3.1. Lineação Mineral

É caracterizada pela disposição da orientação de eixos **X** (elipsóide de strain) de grãos tabuliformes de micas e feldspatos, prismáticos de anfibólios e piroxênios e pelas fitas de quartzo alongadas ao longo do eixo **X**.

Esta lineação é conspícua próxima às zonas mais deformadas com *trend* paralelo ao *strike* da foliação apresentando mergulhos suaves em torno de 5°.

6.2.3.2. *Boudins*

É comum a ocorrência de *boudins* máficos nas regiões menos influenciadas pelas zonas de cisalhamento. Eles possuem eixo maior com tamanho aproximado de 50 cm.

Esses *boudins* possuem uma componente de encurtamento ao longo do eixo **Z**, referente aos esforços compressivos atuantes na região, e duas componentes de estiramento, respectivamente horizontal (eixo **X**) e vertical (eixo **Y**), ao longo da foliação regional (**Figura 27**).

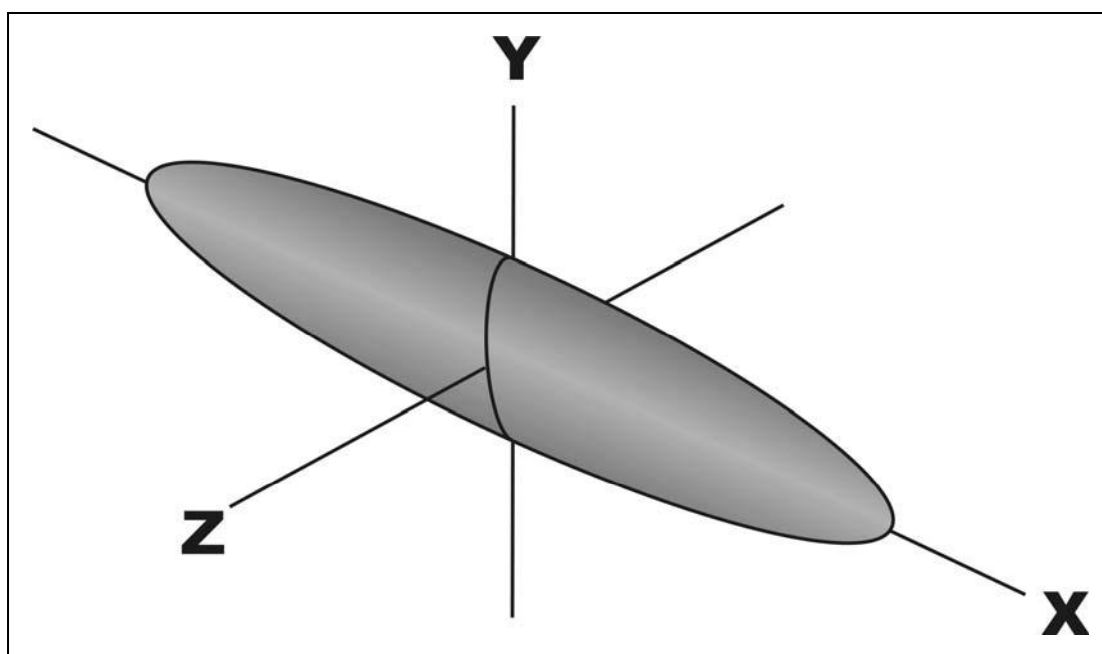


Figura 27: Figura esquemática dos *boudins* máficos.

A **figura 28** mostra a foto (**Figura 28.A**) de um desses *boudins* juntamente com um *croki* do mesmo (**Figura 28.B**) mostrando que a superfície do afloramento é representada pelo plano **XZ** do elipsóide da **figura 27**. A **figura 28.C** apresenta o vórtice dextral (sentido horário), atuante na região, que juntamente com o estiramento ocorrido no eixo **X** representa os esforços tracionais responsáveis pela formação de fraturamento preenchido por quartzo (ver *croki* da **figura 28.B**). A compressão atuante no eixo **Z** representa o encurtamento responsável pelo dobramento dos veios de

quartzo que cortam o *boudin*. Todo este conjunto de forças atuantes na formação dos *boudins* identificados na área denota o regime transpressivo que ocorre na região.

Um modelo de deformação destes veios pode ser visualizado na **figura 29**. Identificam-se os campos de extensão (branco), encurtamento (pontilhado esparsos) e encurtamento seguido de extensão (pontilhado denso). Dependendo da sua orientação original, veios podem tornar-se encurtados (veio 1), estendidos (veio 3), ou primeiro encurtados e então estendidos (veio 2). As linhas (p), (q) e (r) são fronteiras de domínios com histórias de extensão e encurtamento diferentes.

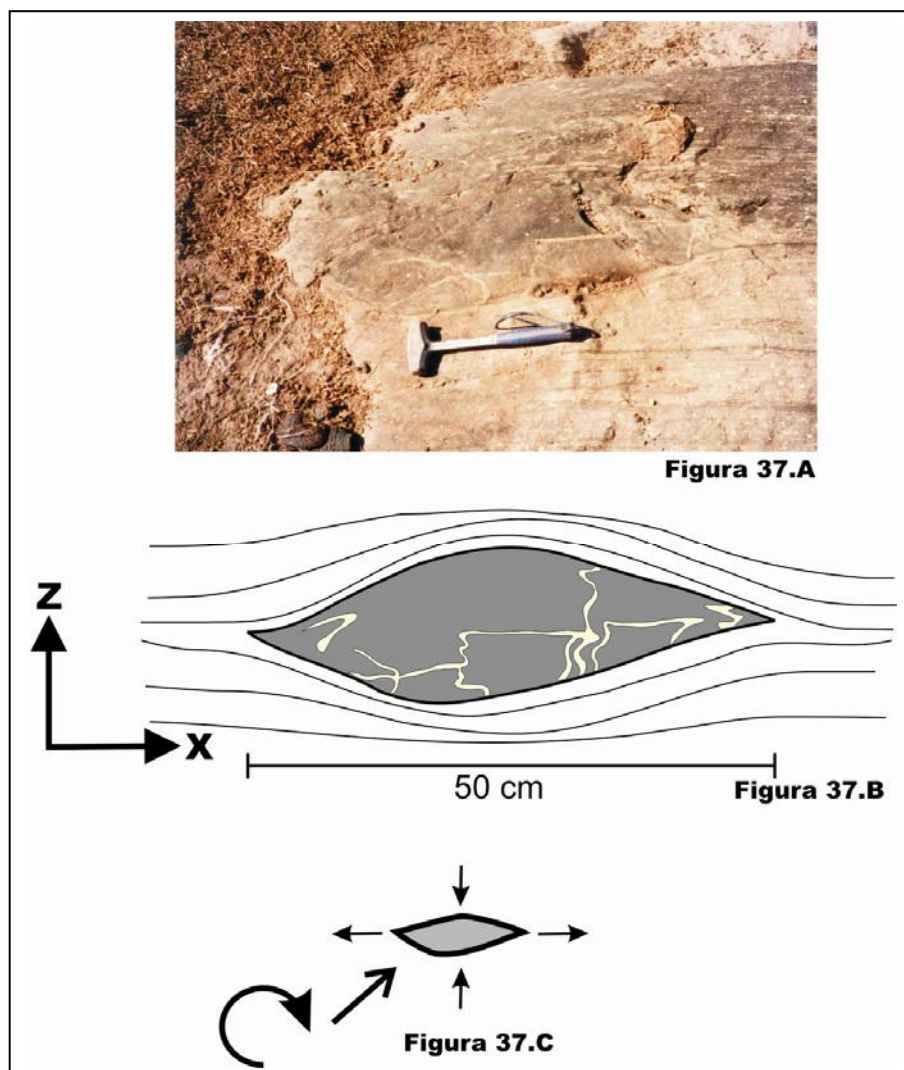


Figura 28: Foto e *Croqui* de um *boudin* rotacionado que evidencia o regime transpressivo atuante na região mapeada. (explicação no texto).

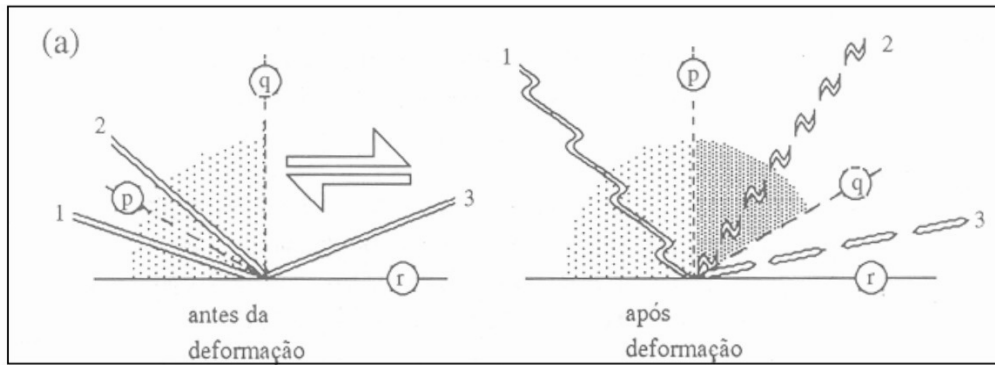


Figura 29: Modelo de deformação de veios por cisalhamento simples progressivo (explicação no texto). (in Passchier *et al* 1993).

6.2.3.3. Dobras

É comum a ocorrência de dobras nas áreas menos deformadas, tanto nos granulitos como no gnaiss bandado, tornando-se ocorrências raras nas regiões próximas as zonas de cisalhamento, principalmente no ortognaiss “olho-de-pombo”.

As dobras descritas na área mapeada foram classificadas como isoclinais, apresentando estruturas intensamente fechadas com amplitude e comprimento de onda variando de métrico a dessimétrico (**Figura 30**). Estas dobras possuem o eixo sub-horizontal paralelo à direção do *strike* da foliação regional e milonítica, e plano-axial mergulhando no mesmo sentido das referidas foliações. Consequentemente a vergência dessas dobras é para NW.

Próximo às zonas de cisalhamento é comum encontrar dobras oblíquas (dobras em **Z**). Estas dobras se formam devido à presença de um componente de encurtamento oblíquo a direção de cisalhamento que forma dobras flambadas na foliação que podem estirar-se para tornar-se “dobras oblíquas” isoclinais (**Figura 31**). Estas dobras mostram uma assimetria dextrógira, sintectônica ao encurtamento ortogonal ao plano da foliação, na direção noroeste-sudeste.



Figura 30: Dobras isoclinais presentes no gnaiss bandado mostrando estrutura intensamente fechada.

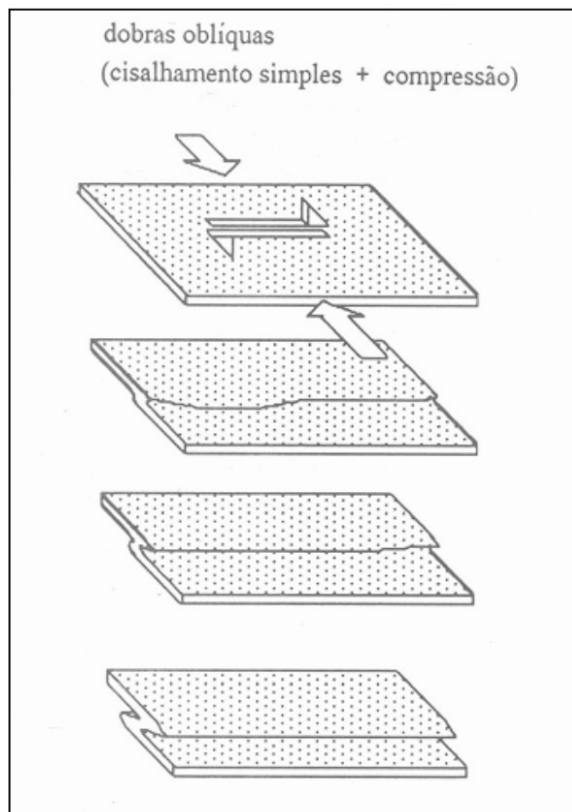


Figura 31: Modelo de desenvolvimento de dobras oblíquas em regime transpressivo. (in Passchier *et al* 1993)

6.2.3.4. Sistemas Porfiroclásticos

São comuns as rochas miloníticas exibirem uma textura formada por uma matriz fina, recristalizada sintectonicamente, fruto da deformação atuante na rocha, que engloba relictos maiores de grãos preexistentes de minerais resistentes à deformação. Esses relictos são chamados de porfiroclastos (Yardley, 1989).

Segundo White (1976, in Passchier & Simpson, 1986), sistemas porfiroclásticos são o produto da concentração de energia deformacional na borda dos porfiroclastos originando um manto de recristalização dinâmica, sob regime de fluxo na matriz. Esse manto sofre variação na sua forma, formando caudas (*tails*) bem desenvolvidas, em virtude de ser menos resistentes que o grão original. Passchier & Simpson (1986) conferem a estes sistemas um eixo de simetria interno, que configuraria a forma do sistema, e um eixo de simetria externo que representa a relação do conjunto com a foliação, e ainda um plano de referência (**Figura 32**). De acordo com essa norma os sistemas porfiroclásticos podem possuir simetria externa e interna ortorrômbicas (classificados como ϕ), ou simetria externa ortorrômbica com simetria interna monoclinica (classificados como σ e δ).

Sistemas porfiroclásticos do tipo σ e δ são ideais para serem utilizados como indicadores cinemáticos, devido à assimetria dos seus eixos interno e externo, em relação ao plano de referência, indicar existência de fluxo não-coaxial durante a deformação, sendo possível indicar a vorticidade do movimento. Neste caso o vórtice do movimento é dado pela diferença na posição de caudas estiradas de material recristalizado, em relação ao plano de referência, que forma caudas “mais altas” de um lado do que do outro, causando um efeito conhecido como degraus (*stair stepping*) (**Figura 32**).

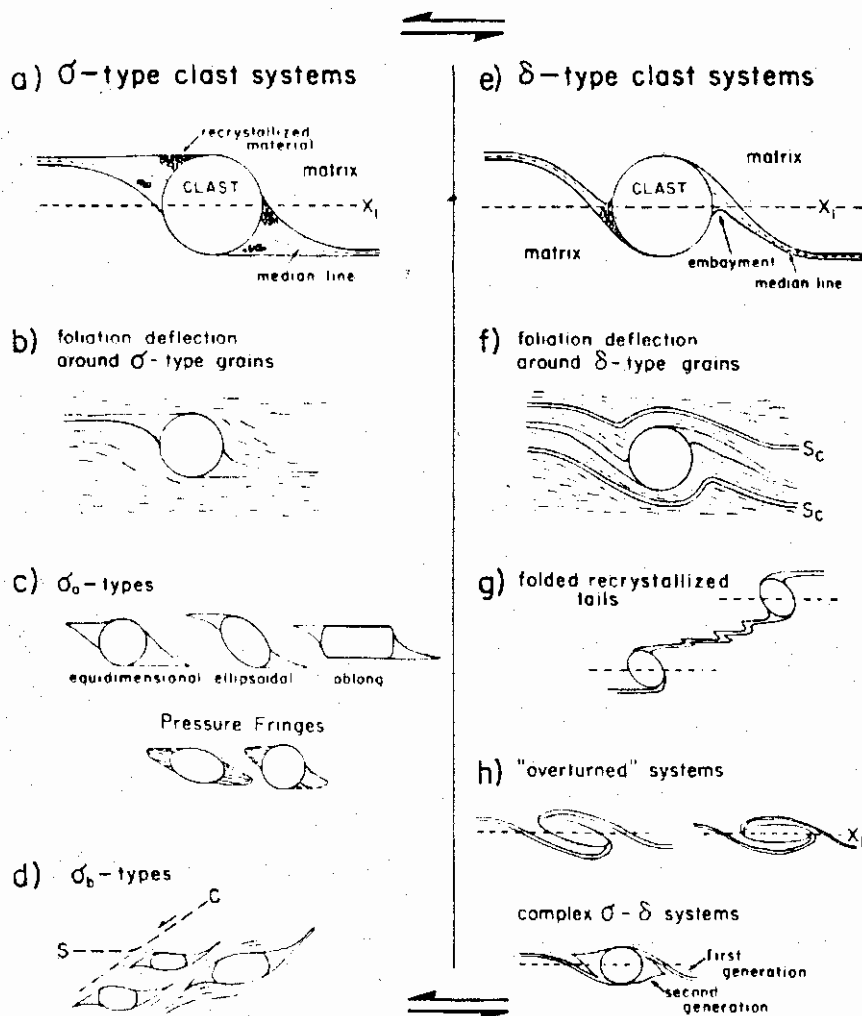


Figura 32: Tipos de sistemas porfiroclásticos, identificados, segundo Passchier & Simpson (1986), a partir da relação entre as linhas medianas das caudas de recrystalização (tails) do porfiroclasto e o plano de referência do sistema. A vorticidade é obtida, nesse caso ideal, pelo estudo do stair stepping (Lister & Snoke, 1984). a) Sistema tipo σ . b) Deflexão da foliação em torno de sistema tipo σ . c) Sistema tipo σ_a ; sombras de pressão. d) Tipo σ_b em S-C – milonitos. e) Sistema tipo δ . f) Deflexão da foliação em torno do sistema tipo δ ; bandamento composicional. g) Caudas de recrystalização dobradas. h) Tipos δ complexo e “redobrado”. Adaptado de Passchier & Simpson (1986), fig.2.pág. 833.

Na área mapeada essas estruturas ocorrem tanto em escala de afloramento quanto em lâmina. Em escala de afloramento, ocorrem comumente nos gnaisses bandados, com tamanhos variando de milimétricos a decimétricos e são constituídos em sua maioria por porfiroclastos de feldspatos (**Figura 33**). Em escala de lâmina, aparecem nos três litotipos descritos e são formados a partir de feldspatos e mais raramente de anfibólios.

Estas meso e microestruturas são em sua maioria σ tail e mais raramente δ tail, segundo a classificação de Paschier & Simpson de 1986, e apresentam um caráter de movimentação predominantemente dextrógira.

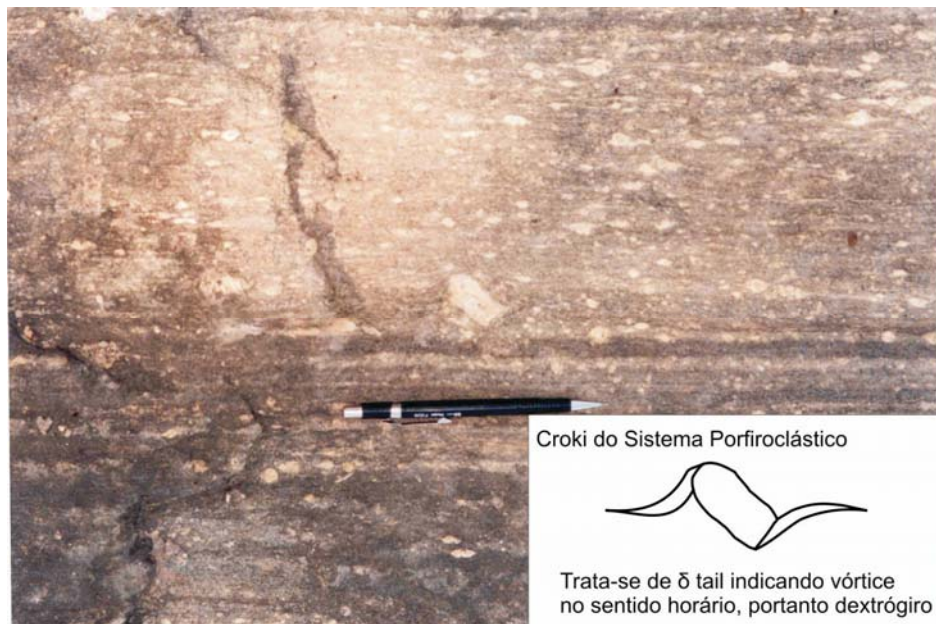


Figura 33: Exemplo de um sistema porfiroclástico, descrito na área mapeada, indicando movimentação dextrógira.

6.3. Geologia Econômica

6.3.1. Introdução

A exploração de rochas ornamentais teve seu início a cerca de 40 anos, devido ao declínio das atividades agropecuárias na região, fato este que motivou a migração dos trabalhadores desta área para as atividades de mineração. Porém a indústria extrativa de rochas ornamentais somente começou a desenvolver-se a partir da década de 80, e tem crescido desde então, com a difusão de conhecimentos dos processos de cantaria e beneficiamento das rochas, entre os habitantes do município (Caniné, 1980).

A rocha ornamental explorada, na área de estudo, é o ortognaisse “Olho de Pombo”. Como já foi dito este ortognaisse foi estruturalmente colocado em uma zona de cisalhamento de rejeito direcional dextral, conferindo a rocha uma textura proto a milonítica, fator responsável por uma excelente clivagem ao longo de planos com baixa rugosidade.

Esta clivagem conferiu a rocha uma excelente partição ao longo dos planos de baixa rugosidade, o que possibilitou a ampla utilização deste litotipo para fins de revestimento de pisos e paredes. O ortognaisse “Olho de Pombo”, também é conhecido como “Pedra Miracema” ou “Pedra Paduana”. As variedades exploradas dentro da área de estudo são conhecidas comercialmente como:

- Pedra Olho de Pombo
- Granito Pinta Rosa
- Granito Fino Cinza

O Granito Pinta Rosa e o Granito Fino Cinza são variações do ortognaisse “Olho de Pombo”, o primeiro tem essa nomenclatura por ser mais rico em microclina e o segundo trata-se do ortognaisse explorado na sua borda resfriada.

Apesar da propagação dos conhecimentos de extração da rocha e do beneficiamento da mesma, estas noções estão restritas a uma minoria de grandes produtores da região. A grande maioria das pedreiras da região é de pequeno porte, muitas de cunho familiar, onde não são usados critérios técnicos e econômicos para a abertura de uma lavra e o desenvolvimento da mesma. Os trabalhadores que atuam nas frentes de lavra e serrarias não utilizam qualquer equipamento de proteção individual. Devido a não utilização de técnicas específicas de lavra na exploração das rochas ornamentais, uma série de problemas tem sido criados, acarretando perdas na produção da rocha tanto nas etapas de lavra quanto na de beneficiamento e, conseqüentemente, prejuízos aos mineradores.

Segundo Almeida *et al* (1996) estima-se que ocorra 70% de perda totais sendo 40% na lavra e o restante no beneficiamento. Essas perdas, por conseguinte, acarretam em problemas ambientais assunto este que vai ser tratado no capítulo seguinte.

Outro problema comum é a existência de uma infinidade de pedreiras que permanecem ilegais, seja por parte de órgãos competentes, seja por parte dos próprios mineradores, cujo recurso para legalização das frentes de lavra é insuficiente.

Segundo Albuquerque *et al* (1997) os principais problemas observados na região são:

1) falta de legalização da maioria das pedreiras junto aos órgãos competentes;

2) manuseio, transporte, armazenamento e uso de explosivos inadequados, causando perdas excessivas de matéria-prima e riscos de acidentes aos trabalhadores e a terceiros;

3) ausência de planos de lavra bem elaborados e falta de equipamentos adequados para extração de material;

4) vias de acesso à pedreira e para escoamento do material muito precárias;

5) perdas excessivas na lavra (40%) e no beneficiamento (30%) com lançamento desordenado dos rejeitos no meio ambiente;

6) bancadas muito estreitas, dificultando os trabalhos de desmonte dos blocos;

7) lançamento de fragmentos de rocha durante as detonações;

8) explosões nas pedreiras sem horários fixos, podendo causar acidentes;

9) falta de uso de retardos nos planos de fogo, causando perdas de material extraído;

10) malhas inadequadas na realização dos furos para aplicação de explosivos, bem como furos com profundidade insuficiente, diminuindo a profundidade da pedreira;

11) inexistência de tratamento para efluente gerado na serraria, com assoreamento dos cursos d'água.

Uma vez diagnosticado o problema o projeto RETECMIN (Rede Cooperativa de Pesquisa sobre Exploração e Uso de Bens Minerais Empregados na Construção Civil e Mitigação de seus Impactos Ambientais), do qual este trabalho é parte integrante, desenvolveu trabalhos que assistência técnica visando resolver esses problemas, e obteve os seguintes resultados:

1) orientação técnica a 42 microempresas locais, dando-lhes condições práticas e teóricas para manuseio, armazenamento, transporte e uso de explosivos;

2) difusão de práticas corretas de exploração nas pedreiras;

3) divulgação junto aos empresários de conceitos gerais sobre normas de higiene e segurança de trabalho, bem como métodos de conservação de jazidas e recuperação de áreas degradadas;

4) orientação para uso mais racional da matéria prima na região.

Neste tópico serão tratadas questões relativas aos processos de lavra e beneficiamento da rocha ornamental e de seus produtos gerados.

6.3.2. Métodos de Lavra

As lavras da região tiveram seu início com a exploração de matacões. Posteriormente as lavras passaram a ser realizadas em afloramentos localizados nas encostas das serras até os dias atuais.

Como já foi mencionado, há na região uma grande quantidade de pedreiras de pequeno porte onde os métodos de lavra empregados são bastante rudimentares, e uma minoria de pedreiras de grande porte onde a lavra é semi-mecanizada.

Porém os critérios utilizados para abertura de uma nova lavra são comuns aos dois tipos de lavra. A identificação de novas frentes de lavra é feita visualmente a partir de um afloramento, muitas vezes obedecendo apenas critérios estéticos. A abertura da lavra é feita sem qualquer planejamento prévio o que acarreta na perda do investimento pelo minerador.

Segue-se uma descrição das etapas do desenvolvimento das lavras da região e dos métodos empregados nas mesmas:

6.3.2.1. Abertura de Acessos e Remoção do Solo

A abertura de acessos aos afloramentos, e possíveis lavras, é efetuada por intermédio de tratores, pás mecânicas ou manualmente. As estradas são construídas beirando as encostas das serras, elas são de difícil acesso e na época das chuvas se tornam intransitáveis (**Figura 34**).

Após os acessos serem abertos o próximo passo é a remoção da capa de solo sobre afloramento para a exploração do mesmo. Para a retirada deste material estéril sobrejacente ao útil são utilizados os mesmos métodos da abertura de acessos. Cabe ressaltar que a falta de planejamento nestas etapas, tais como o levantamento topográfico e geológico, realizações de sondagens para a determinação do potencial da jazida e o conhecimento da

espessura da cobertura do solo, acarretam em tentativas frustradas de abertura da lavra, ocasionando o prejuízo do minerador. É comum encontrar na região, em estado de abandono, afloramentos com sua cobertura pedológica removida, porém sem o desenvolvimento da lavra (**Figura 35**).



Figura 34: Vias de acesso às pedreiras.

6.3.2.2. Desmorte do Maciço e Formação de Bancadas

Uma vez abertos os acessos e estabelecida a praça de cantaria, o passo seguinte é o desmorte do maciço rochoso e fixação das bancadas, que se trata do início da lavra. Essa etapa é executada, comumente na região, pela técnica de fatias horizontais por meio de degraus, que varia de acordo com a morfologia do local (**Figura 36**). Esse método é desenvolvido manualmente ou semi-mecanizado, com auxílio de explosivos.



Figura 35: Tentativa frustrada de desenvolvimento de uma lavra.

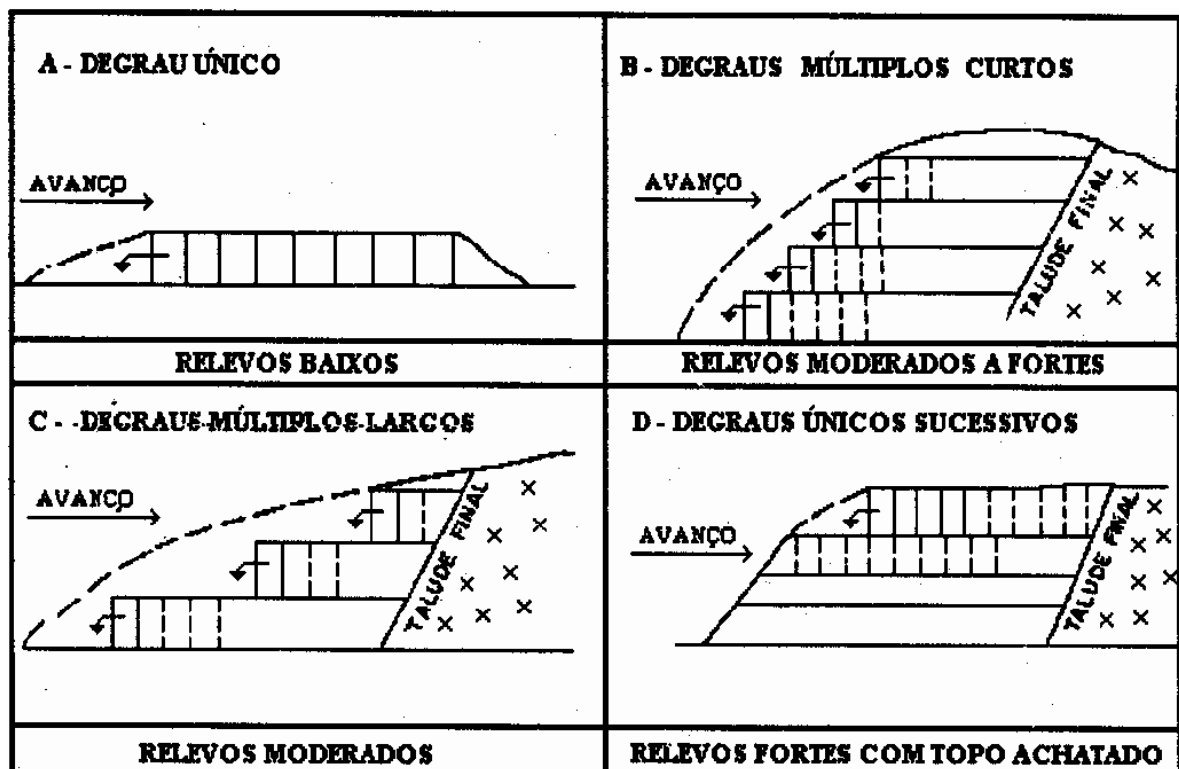


Figura 36: Modelos de lavras executados na região (extraído de Chiodi Filho, 1995).

6.3.2.2.1. Desmonte Manual

É efetuado pelos trabalhadores da região, com o auxílio de ferramentas confeccionadas a partir de peças de automóveis, conhecidas na região como “pixotes, escopos, ponteiras, macetas, etc.”(Figura 37). Estas ferramentas são introduzidas no maciço, com o intuito de fazer os furos do canal, perpendiculares ao plano da foliação (Figura 38), e depois se executam furos horizontais, chamados de furos de levante (Figura 39), para a total liberação do bloco.



Figura 37: Ferramentas utilizadas no processo de desmonte manual do maciço.



Figura 38: Operário realizando furos de canal para o desmonte de blocos do maciço.



Figura 39: Furos de levante sendo realizados em uma frente de lavra para a liberação do bloco.

6.3.2.2.2. Desmonte Semi-Mecanizado

Fura-se o maciço com martelletes a ar comprimido, para abertura de canais perpendiculares ao maciço (**Figura 40**). Após a abertura dos canais, executam-se furos ortogonais a estes (perpendiculares à foliação), também chamados furos de levante. São colocados explosivos nos furos, dinamite ou pólvora, e em seguida detona-se a rocha para a extração do bloco.

Em algumas pedreiras, já é utilizada a ferramenta chamada “*jet flame*”, que se trata de um equipamento de corte que funciona com oxigênio ou com óleo diesel e ar comprimido, produzindo um corte feito por meio de uma lança que suporta um bico com a chama (**Figura 41**) na temperatura de 1600°C (óleo diesel e ar comprimido como comburente) ou 2500°C (oxigênio como comburente). Este grande maçarico provoca a dilatação diferencial dos minerais, principalmente quartzo, que vão se despreendendo e são soprados sob a forma de areia (**Figura 42**). Forma-se uma fenda de 10 a 20 cm de largura e de 6 a 10 m de profundidade (**Figura 43**).



Figura 40: Martelete a ar comprimido, sendo utilizado para abertura de canais no maciço.



Figura 41: Lança com bico de chama da ferramenta “*Jet Flame*”.

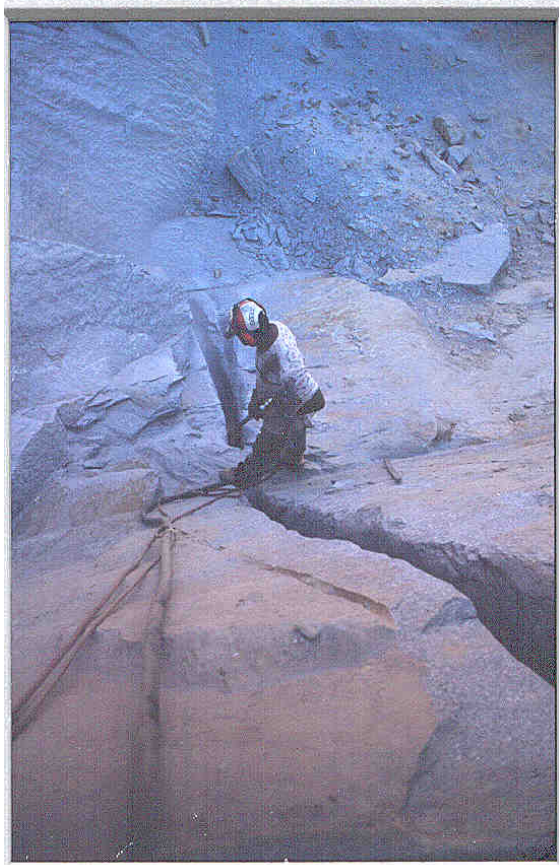


Figura 42 : Ferramenta “*Jet Flame*” sendo utilizada em uma frente de lavra desprendendo fragmento de

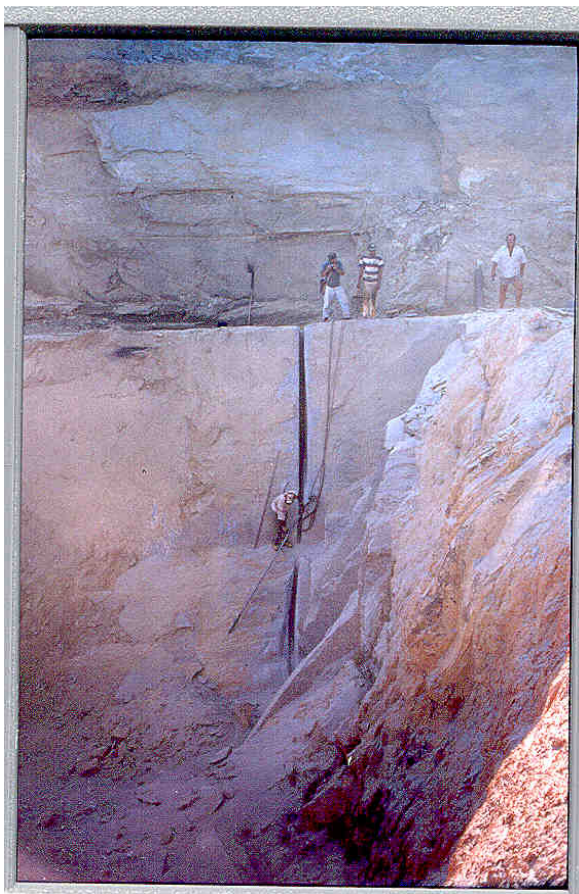


Figura 43 : Fenda produzida pela ferramenta *Jet Flame*.

6.3.2.2.3. Desmonte dos Blocos

O desmonte do maciço, seja manual ou semi-mecanizado, gera grandes blocos de aproximadamente 2,5 X 0,5 X 0,5 m (**Figura 44**), que são desdobrados em blocos menores de 0,5 X 0,5 X 0,5 m. Esses blocos menores são transformados no que os trabalhadores locais chamam de “lajes brutas”, cujas dimensões são 50 X 50 X 4 cm (**Figuras 45**). Em todo esse processo são utilizadas as mesmas ferramentas já mencionadas no desmonte (**Figura 37**).

As lajes brutas são transportadas por caminhão até as serrarias para beneficiamento das mesmas.



Figura 44: Bloco desmontado do maciço e desdobrado em blocos menores.

6.3.3. Beneficiamento e Produtos Gerados

Após as operações de lavra as lajes brutas geradas são transportadas por caminhões até as serrarias (**Figura 46**), onde passa pelo processo de beneficiamento até serem obtidos o produto final a ser comercializado.

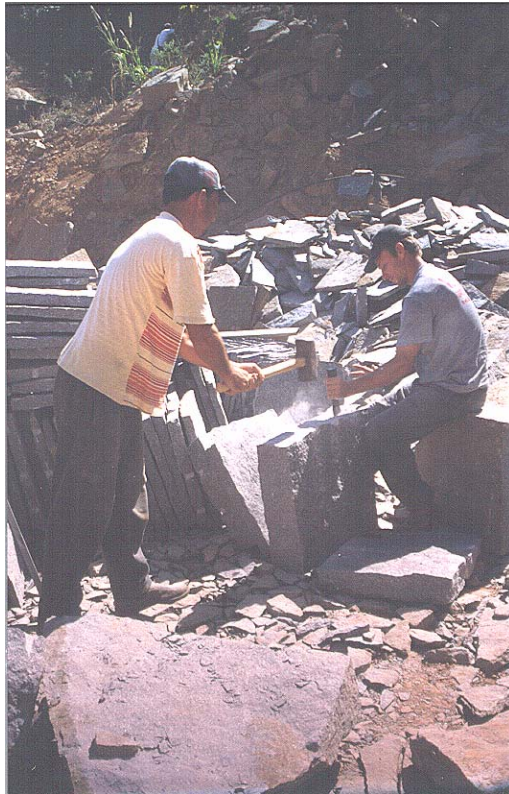


Figura 45 : Produção das lajes brutas pelos cantareiros da região.



Figura 46: Típica serraria da região, onde a rocha é beneficiada.

Nas serrarias são utilizadas serras elétricas circulares diamantadas e refrigeradas à água. Nestas serras as lajes brutas são reduzidas a dimensões de 46 X 46 X 4 cm (**Figura 47**) que posteriormente são fracionados em 8 blocos com dimensões de 23 X 11,5 X 4 cm (**Figura 48**) que são chamados de bloquinhos. Estes bloquinhos são entregues aos rachadores, que são trabalhadores responsáveis por deslocar os blocos e formar, com a

utilização de macetas e espátulas, as lajotas ou lajinhas com dimensões de 23 X 11,5 X 1,5 cm (**Figura 49**).

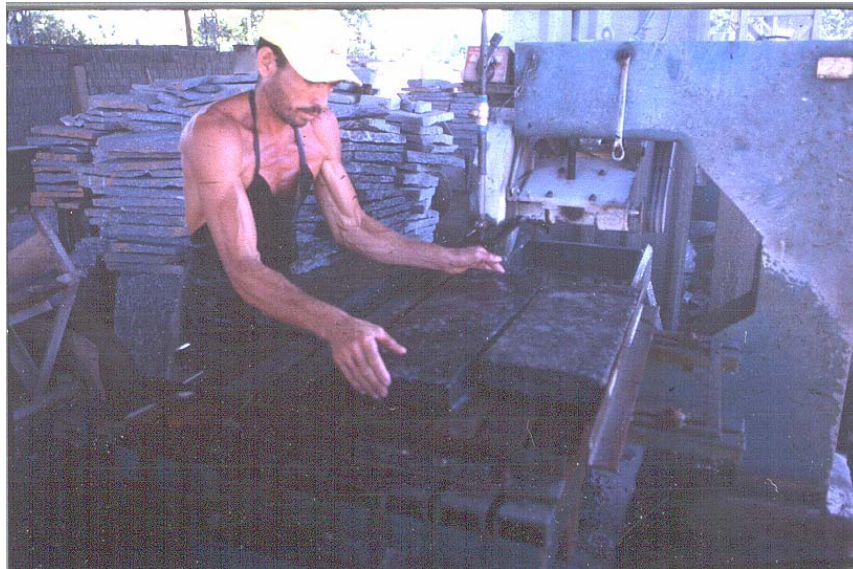


Figura 47: Fracionamento das lajes brutas para obtenção dos blocos.



Figura 48: Bloquinhos obtidos a partir do fracionamento das lajes brutas.
Ao fundo um rachador em operação



Figura 49: Rachador em operação de redução do bloco em lajota ou lajinha, Para isso ele utiliza uma maceta e uma espátula.

O principal produto comercializado é a lajinha (23 X 11,5 X 1,5 cm) que, devido seu aspecto rústico, é amplamente utilizada para fins de revestimento de pisos e paredes. As lajes brutas (50 x 50 x 5 cm) ainda são vendidas como laje de curral e as rochas cujo particionamento não é satisfatório são comercializadas como paralelepípedos.

- Lajes de curral (50 x 50 x 5) cm R\$ 5,00 / m²
- Lajinha (11,5 x 23 x 1,5) cm R\$ 5,00 / m²
- Paralelepípedos R\$ 100,00 / milheiro

O maior mercado consumidor destas rochas é o Estado de São Paulo, que consome 65% da produção anual. Uma pequena parcela da produção é consumida pelos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Goiás e até Estados na Região Norte do Brasil como Acre e Amapá. O restante da produção permanece no estado do Rio de Janeiro.

6.4. Geologia Ambiental

6.4.1. Introdução

Segundo Perez (2001), as atividades minerais em geral possuem uma relação difícil com o meio: para extrair, transportar, transformar e comercializar os minerais, é preciso modificar o meio, às vezes de forma

irreversível, e produzir uma quantidade de resíduos que quase sempre é muito grande. Ainda, segundo o autor, existem outras características ambientais negativas das explorações minerais: a primeira é que a localização das pedreiras e minas tem de ser feita no lugar onde existe o jazimento, o que não ocorre com outros tipos de indústrias; este fato pode causar danos ecológicos e paisagísticos. A segunda é que a mineração é sempre agressiva ao meio no qual se situa. Os sinais da atividade mineira são visíveis na superfície terrestre e difíceis de ocultar, produzindo-se explosões, poeira e contaminação química por compostos de tratamento. A terceira característica está ligada a produção de resíduos que tem a ver com a possível contaminação de leitos fluviais e de aquíferos.

Entretanto é importante ressaltar que a demanda da sociedade por bens minerais tem aumentado a cada dia e que os benefícios sócio-econômicos gerados pela exploração mineral são evidentes. Portanto é necessário chegar a um compromisso de impacto ambiental aceitável e recuperável, compromisso este que exige que os efeitos do impacto ambiental criado pela atividade mineira sejam controlados, controláveis e reversíveis, à escala humana de espaço tempo. É necessário reconhecer que embora a mineração seja uma atividade modificadora do meio ambiente, ela é compatível com o desenvolvimento sustentável. A recuperação de áreas degradadas pela mineração já é considerada uma atividade inerente ao ato de minerar. As exigências de estudos e relatórios de impacto ambiental visam prever quaisquer modificações provocadas no ambiente ocasionadas pela atividade mineira. Isso possibilita que os trabalhos de recuperação do meio sejam realizados concomitantemente as operações de lavra e não somente pela ocasião da desativação da mina. Sendo assim é possível estabelecer medidas mitigadoras e de monitoramento, necessárias para promover o controle e a recuperação ambiental.

6.4.2. Impactos Ambientais Ocorridos na Região

Essa descrição se ajusta ao panorama da indústria de rochas ornamentais do Município de Santo Antônio de Pádua, que vive um paradoxo. A necessidade sócio-econômica da região empurrou a população para a

mineração, porém, desde seu início o desconhecimento de técnicas de prospecção, por parte dos mineradores, gerou uma série de impactos ambientais. Perdas de produção geradas nas operações de lavra e beneficiamento, além de acarretar em prejuízo econômico, tem gerado uma grande quantidade de resíduos que, por sua vez, precisam ser gerenciados para que não contaminem o meio ambiente.

Portanto é possível afirmar que os impactos ambientais ocorridos na região estão atrelados a duas etapas das atividades de mineração, que seriam as operações de lavra e de beneficiamento. Os principais impactos ambientais gerados nessas etapas são:

- 1) deposição desordenada dos rejeitos das pedreiras e sobras das serrarias da região;
- 2) assoreamento dos cursos d'água gerado pelo pó de serraria.

6.4.2.1 Impactos Ambientais Gerados nas Operações de Lavra

Os fatores responsáveis por impactos ambientais nas operações de lavra estão associados às várias etapas que a compõem.

A) Desenvolvimento da Lavra:

Nesta etapa a abertura indiscriminada de acessos às futuras pedreiras acelera o processo erosivo nas encostas das serras, causando intensas alterações no relevo local. O decapeamento do solo e da vegetação, para o estabelecimento das pedreiras, também contribui para este processo causando a instabilidade dos taludes e a formação de voçorocas, além de causar um grande impacto visual (**Figura 50**). Este processo também gera um grande volume de material estéril que é descartado desordenadamente nas encostas.

Além desses problemas, a destruição da mata nativa tem ocorrido nas cabeceiras das drenagens que abastecem o Rio Pomba e o Rio Pirapetinga. Isto acarreta na diminuição da capacidade de armazenamento de água nestas nascentes e na diminuição do volume de água dos respectivos rios.

B) Na Lavra em si:

O principal impacto gerado na lavra é o grande volume de rejeito criado durante o processo. O uso inadequado de explosivos e de ferramentas para o desmonte do maciço e dos blocos são a causa deste problema.

A construção de malhas inadequadas na realização dos furos para aplicação de explosivos, bem como furos com profundidade insuficiente, diminuindo a profundidade da pedreira; causam perdas excessivas de matéria-prima e riscos de acidentes aos trabalhadores e a terceiros.

Estas perdas convertem-se em grande quantidade de rejeito que são descartados nas encostas (**Figura 51**).



Figura 50: Impactos ambientais causados pelo decapeamento do solo.

6.4.2.2 Impactos Ambientais Gerados nas Operações de Beneficiamento

Os impactos ambientais relacionados a esta etapa estão intimamente ligados à geração de dois tipos de rejeito, gerados durante as operações de beneficiamento.



Figura 51: Rejeito acumulado nas atividades de lavra.

O primeiro trata-se de efluentes contendo grande quantidade de material coloidal, que são originados durante as operações de serragem das “lages brutas” para a obtenção dos “bloquinhos”. A água que arrefece as serras diamantadas, durante o processo de serragem, transporta o material coloidal, gerando os efluentes. Estes efluentes são descartados, sem qualquer tratamento prévio, nos córregos e rios próximos as serrarias, provocando o assoreamento dos mesmos.

O segundo rejeito constitui o mais grave impacto ambiental gerado no beneficiamento das rochas, que são as sobras de material, não aproveitado, originado dos cortes das lajes brutas. As aparas geradas na obtenção dos bloquinhos são descartadas, formando verdadeiras montanhas de rejeito ao largo das serrarias (**Figura 52**).

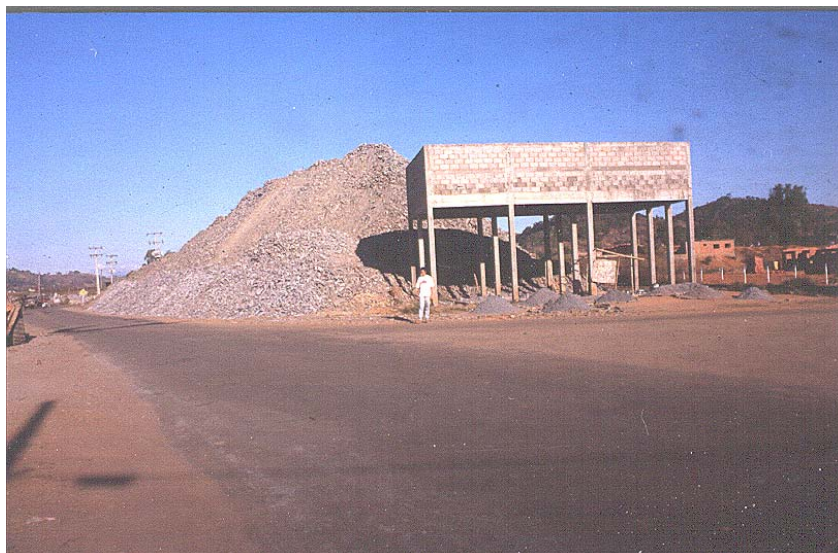


Figura 52: Rejeito acumulado ao largo das serrarias formado pelas aparas que são descartadas na serragem das rochas.

7. Conclusões e Discussões

Através do mapeamento geológico de detalhe realizado neste trabalho (escala de 1:10.000), foi possível definir a existência de três litologias dentro da área delimitada para o estudo. Foram mapeados os seguintes litotipos: Gnaiss bandado, Granulito e o Ortognaiss “Olho de Pombo”. O mapeamento revelou a existência de cinco faixas de Ortognaiss “Olho de Pombo” encaixadas no Gnaiss bandado e no Granulito.

O Gnaiss bandado, em maior escala, e o Granulito, em menor proporção, são as rochas que compõem o domínio regional. A amostragem destes litotipos, realizada neste trabalho, não permitiu uma análise profunda da petrologia das rochas mapeadas, no tocante a definição do seu protólito e grau metamórfico. No entanto a amostragem local, porém representativa, das litologias mapeadas juntamente com a comparação dos resultados da petrografia, realizados neste trabalho, com outros realizados na região permitiu definir o Gnaiss bandado como uma rocha paraderivada e o Granulito como ortoderivada. Quanto ao Ortognaiss “Olho de Pombo”, evidências petrográficas associadas a estruturas encontradas na rocha, como bordas de resfriamento e xenólitos estirados das rochas encaixantes, apontam para um protólito ígneo para este litotipo. Análises químicas realizadas por Leite (2002), que indicam que essa rocha é rica em K_2O , corroboram com este fato.

Quanto ao grau metamórfico a paragênese ortopiroxênio (hiperstênio) + hornblenda + plagioclásio + K-feldspato, presente no gnaiss bandado e nos granulitos, aponta para um metamorfismo alto, na *facies* granulito, com retrometamorfismo para anfíbolito alto, indicado pela formação de hornblenda a partir dos piroxênios e biotita a partir da hornblenda. A ocorrência de texturas migmatíticas nestas rochas também evidencia esta hipótese. No Ortognaiss “Olho de Pombo” sua trama granoblástica denota a intensa recristalização que esta rocha sofreu, atestando o alto grau metamórfico no qual foi gerado este litotipo.

Sendo assim o Gnaiss bandado, provavelmente, corresponde a Unidade Santo Eduardo pertencente ao Agrupamento II de Grossi Sad e Donadello (1978 *in* DRM 1980), que se trata de uma seqüência de gnaisses granulíticos intercalados com gnaisses quartzo-feldspáticos cujo protólito é

sedimentar. Já o Granulito está, provavelmente, associado às rochas charnockíticas da Unidade Bela Joana, pertencente ao Agrupamento I dos mesmos autores e reconhecidas por Porcher (1997) como sendo intrusivas.

Através do estudo dos indicadores cinemáticos descritos no campo, como sistemas porfiroclásticos e *boudins*, foi possível assumir que uma componente transcorrente de caráter dextrógiro foi a principal atividade responsável pela implantação das cinco zonas de cisalhamento mapeadas neste trabalho. A ocorrência de dobras oblíquas de assimetria dextrógira e do estiramento vertical dos *boudins* foi indica a existência de uma componente de encurtamento ortogonal as zonas de cisalhamento, atuando concomitantemente a transcorrência. Sendo assim a movimentação transcorrente, com a direção de cisalhamento horizontal, encurtamento horizontal e ortogonal, com conseqüente estiramento vertical, indicam a existência de um regime transpressivo atuante na região estudada.

O padrão *en echelon* das zonas de cisalhamento mapeadas juntamente com o regime transpressivo atuante na região já foi descrito, no contexto regional, por Dayan *et al* (2002). O mesmo propõe para a região a existência de uma estrutura em flor positiva que mais se adequou a esse conjunto de estruturas.

Quanto à geologia econômica é importante ressaltar que a textura milonítica caracterizada no Ortognaisse “Olho de Pombo” foi preponderante para a utilização deste litotipo como rocha ornamental para fins de revestimento de pisos e paredes, graças a sua excelente clivagem ao longo dos planos da foliação milonítica. Este fator, associado ao declínio das atividades agropecuárias na região, fez com que a lavra de rochas ornamentais se transformasse na redenção econômica da população do Município de Santo Antônio de Pádua. No entanto a falta de utilização de técnicas apropriadas na exploração e extração da rocha gerou uma série de problemas relacionados ao desperdício de matéria prima e conseqüentes impactos ambientais.

O mapeamento geológico de detalhe, proposto neste trabalho, é fundamental na solução destes problemas, pois possibilita inferir a distribuição regional dos corpos mineralizados, o controle geológico das jazidas descobertas, permitindo a caracterização geométrica e conseqüente cubagem das mesmas, como também a quantidade de estéril a ser removida.

Estes fatores são preponderantes no planejamento da lavra e na escolha do método de extração mais adequado à rocha ornamental lavrada, evitando desperdícios e conseqüentes prejuízos ao empreendedor. Quanto ao meio ambiente ele possibilita o controle das encostas onde se localizam as lavras e da cobertura vegetal, auxiliando na previabilidade de possíveis impactos ambientais e na mitigação dos mesmos.

Quanto aos rejeitos gerados nas operações de beneficiamento, unidades de tratamento de efluentes foram projetadas pelo CETEM (Centro de Tecnologia Mineral) para solucionar o problema dos colóides transportados pelas águas que refrigeram as serrarias. O rejeito acumulado nessas unidades de tratamento e utilizado nas usinas de cimento para fabricação de argamassa. Apesar dos custos de implantação destas unidades serem elevados, elas constituem uma solução aos problemas de assoreamento de córregos e rios da região. Os rejeitos gerados pelas aparas de rocha constituem um problema mais grave, pois seu reaproveitamento é muito restrito. A utilização direta deste material seria como agregados na construção civil, porém sua constituição lamelar o impede de ser utilizado como tal. Estudos para o reaproveitamento deste material devem ser realizados a fim de diminuir a quantidade de rejeito.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, F.F.M. de, Hasui, Y. & Carneiro, C.D.R., 1975. O lineamento de Além Paraíba. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 47 (3/4).
- Anísio, L.C.C. (1999). Mapeamento e análise estrutural das rochas miloníticas da Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul. Nas Cercanias de Além Paraíba (MG). Agosto de 1999. Estágio de Campo IV. Departamento de Geologia, UFRJ, 50p.
- Braga, M.V.C.;(2001). Mapeamento Geológico – Estrutural de um Segmento da Falha de Santo Antônio de Pádua Entre São Pedro de Alcântara e Marangatú - Município de Santo Antônio de Pádua (RJ), Rel. Estágio de Campo IV, março de 2001, IGEO-UFRJ.
- Brandalise, L.A., Ribeiro, J.H. & Ferrari, P.F. (1976). Projeto Vale do Paraíba do Sul, Relatório Final. Dep. Nac. Prod. Min., Ed. Prel., Brasília.
- Brenner, T.L.; Ferrari, L.A. & Penha, H.M. 1980. Lineamentos estruturais do nordeste do estado do Rio de Janeiro. XXXI Congresso Brasileiro de Geologia, Santa Catarina, SBG, 5: 2551-2564.
- Caniné, J.M.M. (1992). Pedra miracema – a rocha ornamental de Santo Antônio de Pádua – RJ. Anais do XXXVII Congresso Brasileiro de Geologia, v. 1, p. 266-267. São Paulo.
- Chiodi Filho, C.; Aspectos Técnicos e Econômicos do Setor de Rochas Ornamentais. Rio de Janeiro: CETEM-CNPq, 1995. (Série Estudos e Documentos nº 28).
- Corrêa Neto, A.V., Dayan, H., (1994). Justaposição tectônica de rochas de níveis crustais distintos em faixas transpressivas : o caso da zona de cisalhamento do Rio Paraíba do Sul (RJ). XXXVIII Congresso Brasileiro de Geologia - Balneário de Camboriú, SC, pp. 249-250.
- Corrêa Neto, A.V. 1995. Geologia e Análise Estrutural do Lineamento de Além Paraíba entre as cidades de Três Rios e Sapucaia (RJ). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado.
- Davis, G.H. & Reynolds, S.J., (1996). Structural geology of rocks and regions. 2nd ed. John Wiley & Sons. United States of America.
- Dayan, H., Valença, J.G., Braga, M.V., Santos, F.A.C. dos, Leite, M.N. & Vitoriano, R.L. (2001). Lavras de Rochas Ornamentais ao Longo das

- Falhas Itajara-Pirapetinga e Santo Antônio de Pádua -Geologia e Estrutura. 7º Simpósio de Geologia do Sudeste, Rio de Janeiro-RJ, Anais SBG, p. 192.
- Dayan, H., Valença, J.G., Braga, M.V., Santos, F.A.C. dos, Leite, M.N. & Pires, F.R.M. Rochas ornamentais em Santo Antônio de Pádua, Sudeste do Brasil. Geologia e estrutura, 2005. I Congresso Internacional de Rochas ornamentais & II Simpósio Brasileiro de Rochas Ornamentais.
- Dayan, H. & Corrêa Neto, A.V. 1995. Evolução de trama de eixos-C de quartzo na Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul. V Simpósioal de Estudos Tectônicos, Gramado (RS), SBG-RS, 118-120.
- Dayan, H. & Keller, J.V. 1989. A zona de cisalhamento do Rio Paraíba do Sul nas vizinhanças de Três Rios (RJ): uma análise da deformação por algumas feições estruturais. Revista Brasileira de Geociências, 19: 464-506.
- Dayan, H. (2002). Projeto: RETECMIN. Relatório final de projeto referente ao mapeamento geológico-estrutural (equipe da UFRJ). Media Digital (inédito).
- Ebert, H, 1967. A estrutura pré-Cambriana do sudoeste de minas Gerais e áreas adjacentes. Boletim Paranaense de Geociências, 26:4-42.
- Fonseca, M.J.G., (1998). Texto explicativo do Mapa Geológico do Rio de Janeiro. Escala 1:400.000. pp.141. MME-SMM-DNPM.
- Grossi Sad, J.H. & Moreira, M.D. (1978). Geologia e Recursos Minerais da Folha Santo Antônio de Pádua, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Inédito, Relatório preparado por Geosol – Geologia e Sondagens Ltda. Departamento de Recursos Minerais-RJ.
- Grossi Sad, J.H.; Moreira, M.D.; Figueiras, R.R. & Arantes, D. (1980). Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro. Folha Santo Antônio de Pádua (texto explicativo). Departamento de Recursos Minerais - RJ, Niterói.
- Novellino, V.S. (1999). Mapeamento Geológico Estrutural e Estudo Econômico de um Segmento da Serra do Bonfim, Município de Santo Antônio de Pádua, Estado do Rio de Janeiro, Rel. Estágio de Campo IV, 1999, IGEO-UFRJ.

- Pasin, D.A.B.(2000). Estudo Preliminar das Zonas de Cisalhamento do Norte do Estado do Rio de Janeiro, Cercania das Cidades de Miracema e Santo Antônio de Pádua, Rel. Estágio de Campo IV, setembro de 2000, IGEO-UFRJ.
- Passchier, C.W. & Simpson, C. (1986). Porphyroclast systems as kinematic indicators. *Journal of Structural Geology*, **8**(8): 831-843.
- Passchier, C.W.; Myers, J.S. & Kröner, A. (1993). Geologia de Campo de Terrenos Gnáissicos de Alto Grau. Edusp. 188p.
- Perez, B. C. & Sánchez, M.M. (2001). Avanços e transferência tecnológica em rocha ornamental. Rio de Janeiro. CETEM (Centro de Tecnologia Mineral), 2001. 200p. (Série rochas e Minerais Industriais; 4)
- Perez, B. C. (2001). As rochas e os minerais industriais como elemento de desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro. CETEM (Centro de Tecnologia Mineral), 2001. 37p. (Série rochas e Minerais Industriais; 3)
- Pires, F.R.M., Dayan, H., Valença, J.G., Pasin, D.A.B., Braga, M.V. da C. (2001). Alteração e deposição hidrotermal seqüencial em ortognaisse tipo "olho de pombo" e "madeira" na região de Santo Antônio de Pádua (RJ). 7º Simpósio de Geologia do Sudeste. SBG-RJ, nov 2001, vol. 1, p. 97.
- Porcher, C.C. (1997). Relações entre metamorfismo e deformação na Faixa Ribeira. Regiões de Três Rio e Santo Antônio de Pádua (RJ). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Tese de doutorado.
- Rosier, G.F. (1965). Pesquisas Geológicas na Parte Oriental do Estado do Rio de Janeiro e na Parte Vizinha do Estado de Minas Gerais. Dep. Nac. Prod. Min., Div. Geol. Min., Bol. 222, Rio de Janeiro.
- Santos, F.A.C. dos, Leite, M.N. & Vitoriano, R.L. (2001). Mapeamento de lavras de rochas ornamentais ao longo da Falha de Itajara-Pirapetinga, Município de Santo Antônio de Pádua (RJ). XXIII Jornada de iniciação científica-UFRJ.
- Silva, R.E.C. (1999). Estudo Geológico-Técnico-Ambiental de uma Pedreira de Rocha Ornamental no Município de Santo Antônio de Pádua (RJ). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Tese de Mestrado.

10. ANEXO

MAPA GEOLÓGICO-ESTRUTURAL DE UMA PORÇÃO DA SERRA DO BONFIM, MUNICÍPIO DE SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA (RJ)

