

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS



O Falhamento Transcorrente da Jacutinga

DEDALUS - Acervo - IGC



30900016435

José Eduardo Rodrigues

Dissertação apresentada ao Instituto de Geociências-USP, para obtenção do título de "Mestre em Geologia Geral e de Aplicação".

Aos meus pais

"O FALHAMENTO TRANSCORRENTE DE JACUTINGA"

Í N D I C E

1. INTRODUÇÃO	1
2. GENERALIDADES	2
3. METODOLOGIA DO TRABALHO	5
4. TRAÇOS GEOLÓGICOS DA ÁREA ESTUDADA	9
a) Litologia	15
b) Estruturas	19
5. DESCRIÇÃO DA ZONA DE FALHA	20
6. METAMORFISMO CATACLÁSTICO	25
7. NATUREZA DO DESLOCAMENTO E REJEITO	32
8. IDADE DO FALHAMENTO TRANSCORRENTE	33
9. CONCLUSÕES	37
10. AGRADECIMENTOS	39
11. BIBLIOGRAFIA	40

R E S U M O

Apresentamos um mapeamento geológico de semi-detalhe de uma área que envolve parte do Falhamento Transcorrente de Jacutinga.

Na área investigada aparecem rochas referíveis aos Ciclos Transamazônico e Brasileiro. São frequentes os fenômenos de feldspatização e remigmatização nas rochas da região.

O Falhamento Transcorrente de Jacutinga separa dois Blocos Tectônicos (Pinhal e Jundiaí) com litologias bastante diferentes.

A zona de falha foi estudada detalhadamente visando estabelecer os efeitos do metamorfismo cataclástico registrado nas rochas afetadas pelos fenômenos tectônicos. É mostrada a evolução do metamorfismo através do exame de rochas coletadas transversalmente à zona de falhamento.

1. INTRODUÇÃO

Vários autores como Almeida (1955, p. 31); Coutinho (1971, p. 130); Hennies, Hasui e Penalva (1967, p. 159); Penalva e Wernick (1972, p. 75); Hasui (1974); Sadowski (1974), descreveram falhamentos de caráter transcorrente no Pré-Cambriano paulista. Estes constituem importantes fenômenos, dada a magnitude dos rejeitos, apresentando, normalmente, problemas para o estabelecimento da estratigrafia nas regiões onde ocorrem. A área por nós investigada, a leste do Estado de São Paulo e parte de Minas Gerais, envolve um expressivo elemento estrutural dessa natureza. Tentaremos mostrar as relações estruturais e cataclásticas existentes entre o falhamento e as litologias que ocorrem na região. Esse importante elemento é denominado Falhamento Transcorrente de Jacutinga, em referência à cidade homônima e separa dois blocos tectônicos com litologias distintas.

Os fenômenos de falhamento de rejeitos direcionais envolvem ações de esforços compressivos, apresentando traços retilíneos, com intenso metamorfismo dinâmico, se constituindo em zonas de falhamento, dada a largura atingida em certos locais. A denominação zona de falhamento é a mais correta, porém em alguns trechos deste trabalho, por comodidade, faremos referência a esse elemento estrutural como simplesmente "falha".

Os estádios de fragmentação de rochas tem sido relatados através dos termos brecha, cataclasito e milonito, porém nem sempre é nítida a transição entre esses tipos, sendo conveniente defini-los. Por fragmentação ou cataclase entende-se o trituramento de uma rocha sob condições tais que não resultem espaços abertos (Kemp, 1942, p. 217). A brecha é uma rocha formada por fragmentos angulosos de rochas atingindo até mais de uma dezena de centímetros, onde é perfeitamente reconhecível a natureza da rocha primitiva. O cataclasito é uma rocha que se forma por fragmentação num processo

mais intenso que no caso da brecha, sendo ainda reconhecível a rocha primitiva (Williams, Turner e Gilbert, 1965, p. 204). O milonito é uma rocha de granulação fina, laminada, formada por extrema microbrechação e moagem de rochas durante o movimento em superfícies de falha. O metamorfismo é predominantemente cataclástico, com pequeno ou nenhum crescimento de novos minerais (Apud American Geological Institute, 1973, acepção de Lapworth, 1885). Quando houver recristalização a rocha passa a denominar-se filonito.

2. GENERALIDADES

Na região leste do Estado de São Paulo ocorrem rochas Prê-Cambrianas que, conforme mapa geológico de 1963 editado pelo Instituto Geográfico e Geológico, são agrupadas como pertencentes ao Complexo Brasileiro do Prê-Cambriano inferior, sendo representadas essencialmente por granitos, gnais e xistos, e rochas intrusivas ácidas anteriores ao Grupo São Roque.

A finalidade principal da presente pesquisa, além do mapeamento geológico em semi-detalle, foi definir a evolução do fenômeno de falhamento registrado nas rochas afetadas pelos processos tectônicos.

A área estudada localiza-se entre os meridianos $46^{\circ}35'$ e $46^{\circ}50'$ a oeste de Greenwich e os paralelos $22^{\circ}10'$ e $22^{\circ}20'$ de latitude sul (Fig. 1). O levantamento geológico foi efetuado em uma área de aproximadamente 175 km^2 , que envolve a zona do Falhamento de Jacutinga, objeto de pesquisa deste trabalho.

A área situa-se na divisa dos Estados de São Paulo e Minas Gerais, envolvendo parte dos Municípios paulistas de Pinhal e Itapira e parte dos Municípios mineiros de Albertina e Jacutinga. A existência de vilarejos como Eleutério, São Luís e Sapucaí, bem como numerosas fazendas, desenvolveu um sistema viário que permite locomoção relativamente boa, fa

ilitando as observações de campo.

Fig.1 : Mapa de localização

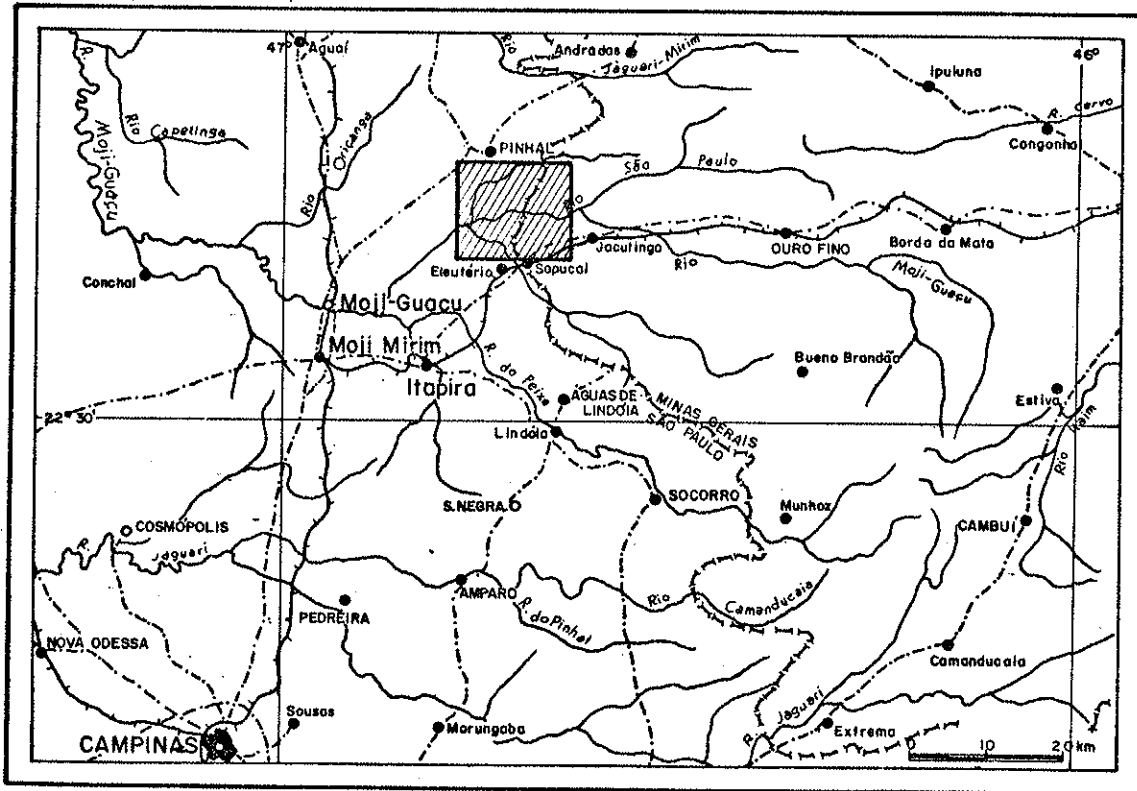


Fig. 1 - Localização da área estudada.

Sob o aspecto geomorfológico, a área estudada situa-se na Zona Cristalina do Norte, segundo classificação de Almeida (1964, p. 210). Pudemos notar nítida relação entre as estruturas e litologias e o relevo da região. Distinguem-se dois lineamentos principais na área investigada, um com direção nordeste (o mais importante) e outro noroeste. Esses lineamentos se refletem principalmente na rede de drenagem e na orientação de serras.

A configuração geral da topografia, a amplitude do relevo e a altitude a que se elevam os morros são determinados pela natureza litológica e a situação relativa das superfícies de aplainamento Itaguã e Japi, aliadas às deformações que elas sofreram (Almeida, 1964, p. 211). Os altos topográficos da região são sustentados principalmente pelos "granitos porfiroblásticos" e migmatitos róseos evoluídos, embora localmente, como a sudeste da área, os quartzitos sejam os responsáveis pelas saliências topográficas. As altitudes a que se elevam os morros da região são mais altas no bloco tectônico a norte da falha, onde vários deles ultrapassam 1.200m. Os morros desse bloco apresentam-se arredondados e se orientam de forma irregular na direção nordeste, com $N20^{\circ}-40^{\circ}E$. No bloco tectônico a sul da falha, a orientação dos morros é mais regular e se constitui em um conjunto de cinco serras alinhadas a nordeste. As altitudes das serras a sul do falhamento, são inferiores às do norte, não ultrapassando 1.100m.

A drenagem é constituída por dois rios principais, o rio Mogi-Guaçu e o Eleutério, que tem seus cursos ora paralelos, ora perpendiculares às estruturas. A sul da falha, os principais afluentes de primeira ordem dos rios Mogi-Guaçu e Eleutério correm sempre concordantes com a orientação nordeste das estruturas. Esses afluentes se constituem em grandes calhas entre as serras, também alinhadas na direção nordeste. Os afluentes de segunda ordem da drenagem principal, nesse bloco tectônico, estão perpendiculares à orientação nordeste dos seus coletores, e são os responsáveis pelos intensos ravinamentos que rompem as encostas dos morros na região. O conjunto dos rios, ribeirões e córregos desse bloco tectônico exibe um padrão de drenagem retangular muito nítido, que foi imposto pela estrutura.

Devido à litologia granítico-migmatítica predominante a norte da zona de falhamento, os cursos tendem a se tornar mais irregulares, quer pela maior distância da zona de falha, quer pela discreta orientação das estruturas direcio-

nais dessas rochas.

3. METODOLOGIA DO TRABALHO

A sequência adotada para os trabalhos foi a de rotina para estudos dessa natureza, envolvendo:

- a. Consulta Bibliográfica
- b. Interpretação Fotogeológica
- c. Trabalhos de Campo
- d. Trabalhos de Laboratório
- e. Análise Estatística

a. Devido ao reduzido número de trabalhos geológicos referentes à área aqui estudada, sendo os principais de Ebert e Penalva & Wernick, consultamos outras publicações relatando fenômenos semelhantes em outras áreas. Através desse levantamento bibliográfico, foi possível obter tanto as informações desejadas, como estabelecer prioridades dessas observações, em função das finalidades propostas.

b. A interpretação fotogeológica foi efetuada em fotografias aéreas na escala 1:25.000, pertencentes ao arquivo do Instituto de Geografia e História da USP, constantes no fotoíndice 5I. O exame das fotos evidenciou na área um sistema estrutural representado por dois conjuntos de direções, um mais importante com orientação nordeste e outro noroeste. Essas lineações se refletem principalmente na rede de drenagem, porém algumas delas são muito extensas, persistindo até nos altos topográficos.

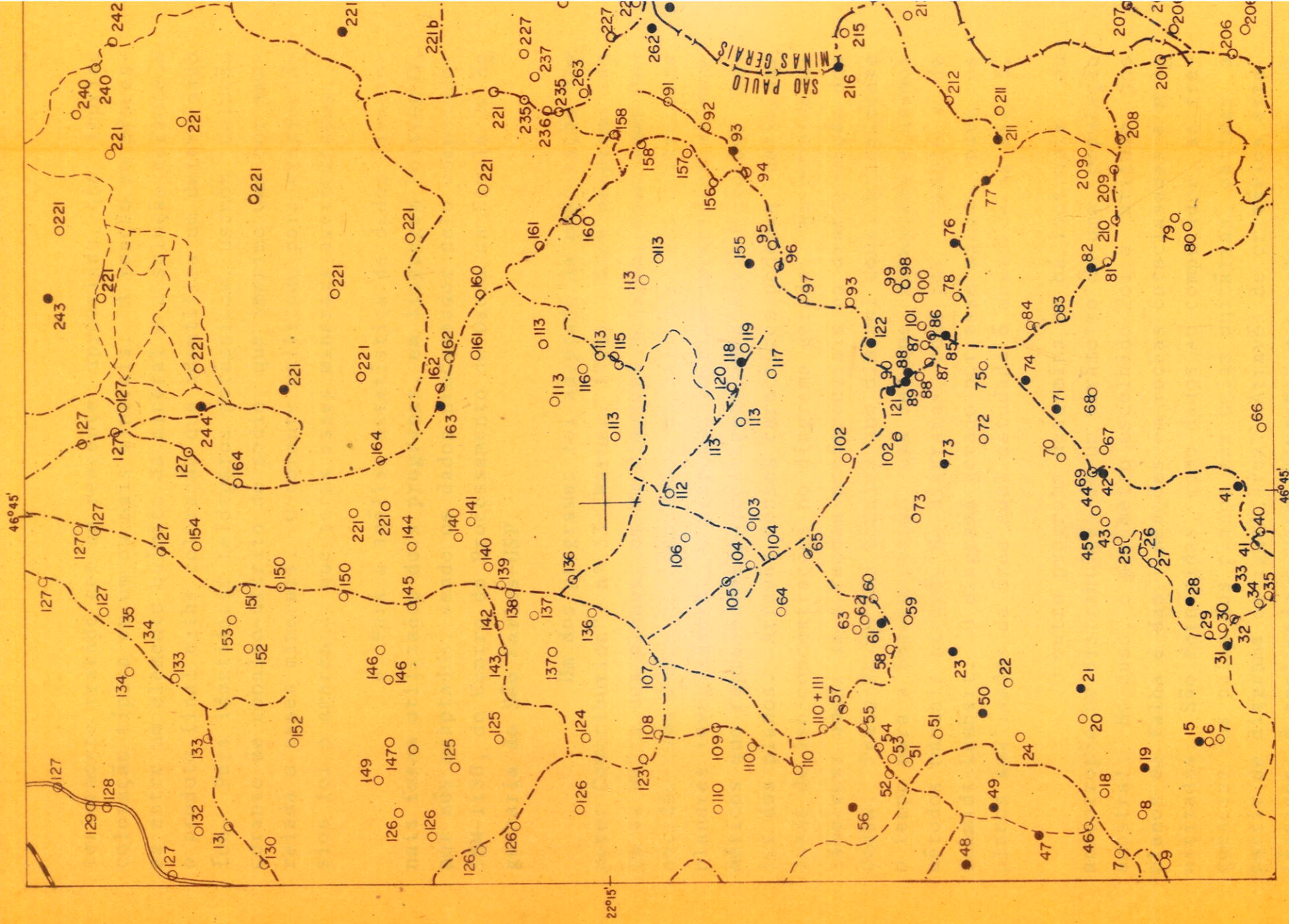
c. Os trabalhos de campo foram efetuados em um período de aproximadamente sete meses. O levantamento geológico foi realizado de modo a se obter uma densidade média de observação de dois pontos por km^2 . Na zona de falhamento o número de pontos por unidade de área é bem maior que nas faixas adjacentes, pois nestas as mudanças significativas tanto na litologia como nas estruturas, ocorrem com menor frequên -

cia. Devido ao relativo bom estado de conservação do sistema viário da região, em parte dela o acesso para o levantamento geológico foi efetuado com jipe, porém em alguns locais, a impraticabilidade de se trafegar ou a inexistência de estradas obrigou-nos percorrer longos trechos a pé. A Fig. 2 mostra os locais de coleta de amostras.

As folhas topográficas de Aguaí (Folha SF-23-Y-A-III-1), Pinhal (Folha SF-23-Y-A-III-2), Mogi-Mirim (Folha SF-23-Y-A-III-3) e Águas de Lindóia (Folha SF-23-Y-A-III-4), na escala de 1:50.000 editadas pelo IBGE, juntamente com fotos aéreas com escala 1:25.000, se prestaram satisfatoriamente como mapa base, para localização e locomoção durante os trabalhos de campo.

A coleta de amostras foi efetuada visando definir os tipos litológicos da área, e principalmente verificar os limites dos efeitos causados pelo tectonismo nas rochas, a partir da zona que julgamos ser a mais afetada. O número de amostras coletadas atingiu cerca de 280. Nos afloramentos que mostravam feições estruturais decorrentes de fenômenos tectônicos, como planos de falha, lineações, fraturamentos, etc., foram tomadas as suas atitudes.

d. No laboratório foram analisadas macroscopicamente, com mais detalhe, todas as amostras coletadas. Sob o microscópio foram examinadas cerca de 80 seções delgadas, visando caracterizá-las sem grandes preocupações quanto à mineralogia e texturas; a atenção maior foi determinar as microfeições tectônicas que, em amostras manuais, não eram percebidas. Várias amostras de rochas foram serradas em superfícies planas e tratadas com reagentes químicos com o intuito de salientar tanto os constituintes mineralógicos, como as feições estruturais. Essas técnicas e seus respectivos autores estão muito bem resumidas no trabalho de Penalva e Hennies (1971, p. 577). A técnica de coloração artificial de certos constituintes das rochas é relativamente simples. O material é previamente atacado por um ácido (fluorídrico ou clorídrico) e pos-



teriormente tratado com um reagente apropriado, que imprime coloração típica em um ou mais minerais. A reação se processa entre um elemento químico do mineral e a solução corante, e o produto final exhibe coloração que identifica um determinado íon. Para identificar feldspatos potássicos, usamos solução corante de cobalto-nitrito de sódio, que imprime uma cor amarelada a esses minerais. O corante utilizado para plagioclásios foi o amaranço, que torna esses minerais avermelhados.

e. Para a análise estatística de dados direcionais foram utilizados dois programas, em linguagem Fortran-IV, por nós adaptados, sendo os dados processados pelo computador IBM-1130, do Centro de Processamento de Dados da Escola de Engenharia de São Carlos-USP.

Um dos programas foi adaptado da publicação "Computer Contribution", nº 33 (Warner, 1968). Esse programa lança os polos dos planos, em um diagrama de igual área, sendo fornecidos como dados ao computador as atitudes das estruturas planares investigadas. O programa imprime caracteres alfanuméricos que representam porcentagens na distribuição dos polos dos planos. Através desses caracteres podemos delimitar áreas de iso-concentrações no diagrama gerado, que permitem estabelecer quais as direções preferenciais na distribuição dos dados. Trata-se de uma técnica que diminui consideravelmente o tempo para a interpretação, uma vez que, normalmente, usamos métodos manuais através de diagramas, como por exemplo o de Schmidt-Lambert. O diagrama gerado por esse método, para os planos analisados da área aqui estudada é mostrado na Fig. 3.

O outro programa determina se há isotropia ou anisotropia na distribuição de um parâmetro em uma população amostral. No caso, o parâmetro escolhido foi a atitude dos planos de falha e das lineações em rochas cataclásadas e milonitizadas. São fornecidas, como dados ao computador, as frequências dos polos dos planos nas celas unitárias, obtidas a partir de diagrama de igual área. Através de critérios estatísticos, é analisado o "espalhamento" dos polos e gerado um

coeficiente de correlação, que é comparado com tabelas estatísticas. Através dessa comparação podemos definir se há uma distribuição "orientada" (anisotrópica) ou "não orientada" (isotrópica) dos planos investigados. Essa comparação ainda permite estabelecer o nível de significância (grau de confiança) das interpretações. Esse método de análise estatística, baseado em coeficiente de correlação, foi proposto por Felix Chayes (1954, p. 315), e foi primeiramente utilizado no estudo de "fabrics" petrográficos; posteriormente nós o aplicamos a estudos de compartimentação em maciços rochosos, obtendo resultados satisfatórios. Se o método, pelas suas próprias características, apresenta o inconveniente de não determinar qual é a orientação preferencial dos planos diaclasados, quando esta é evidenciada, apresenta a vantagem de mostrar qual o nível de significância dos seus resultados. Esse método, quando associado a outros que informam qual a orientação preferencial, como por exemplo o anteriormente descrito, permite uma interpretação sensivelmente mais representativa.

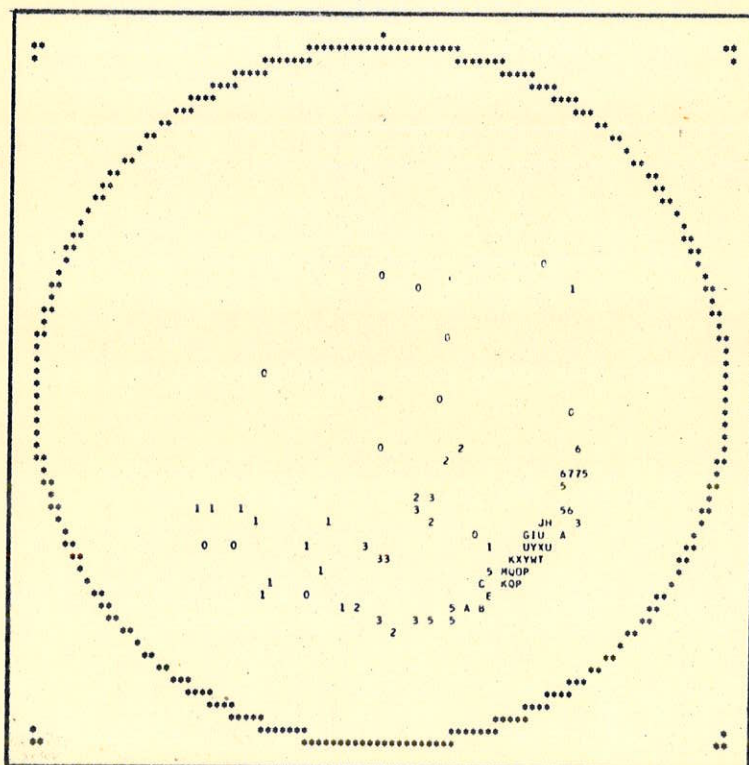


Fig. 3 - Diagrama dos polos analisados.

4. TRAÇOS GEOLÓGICOS DA ÁREA ESTUDADA

A Fig. 4 mostra a geologia da área, e devemos ressaltar que os contatos entre litologias diferentes são aproximados, uma vez que as observações para essas delimitações foram dificultadas, pois quase todas estas se processam de forma transicional. Foi necessário, na maioria das vezes, recorrer à interpretação fotogeológica para a definição dos contatos entre corpos litologicamente distintos.

As rochas que ocorrem na área mapeada se constituem em um conjunto de rochas gnaissicas, migmatíticas, graníticas e metassedimentares, pertencentes aos Grupos Pinhal (Wernick e Penalva, 1973 a.), Itapira (Ebert, 1971), Eleutério (Ebert, 1971). Nas proximidades dos rios Mogi-Guaçu e Eleutério, aparecem depósitos sedimentares de idade Quaternária, essencialmente arenosos, produtos da atuação dos processos de intemperismo sobre as rochas cristalinas da região.

Considerando-se a compartimentação tectônica no Prê-Cambriano paulista (Penalva e Wernick, 1973, p. 128) a área estudada envolve parte dos Blocos Pinhal e Jundiaí. Esses blocos tectônicos apresentam litologias bastante distintas, sendo separados por extensa geossutura, representada pelo Falhamento Transcorrente de Jacutinga. Esses mesmos autores sugerem que os estudos, principalmente estratigráficos, devem ser efetuados para cada bloco tectônico isoladamente, para posteriormente ser correlacionado com os outros blocos.

No Bloco Jundiaí, a sul da falha, aparecem os Grupos Paraíba, Amparo, Itapira e Eleutério, sendo o Bloco Pinhal, a norte do falhamento, representado pelo Grupo Pinhal.

As publicações geológicas referentes ao Bloco Jundiaí são escassas e contraditórias. Existem controvérsias quanto ao estabelecimento da sua estratigrafia, geradas pela complexidade que envolve esse bloco tectônico. Ocorrem na região, pertencendo ao Bloco Jundiaí, os Grupos Amparo, Itapira,

Fig. 4
 MAPA GEOLÓGICO
 J. E. Rodrigues
 —1975—

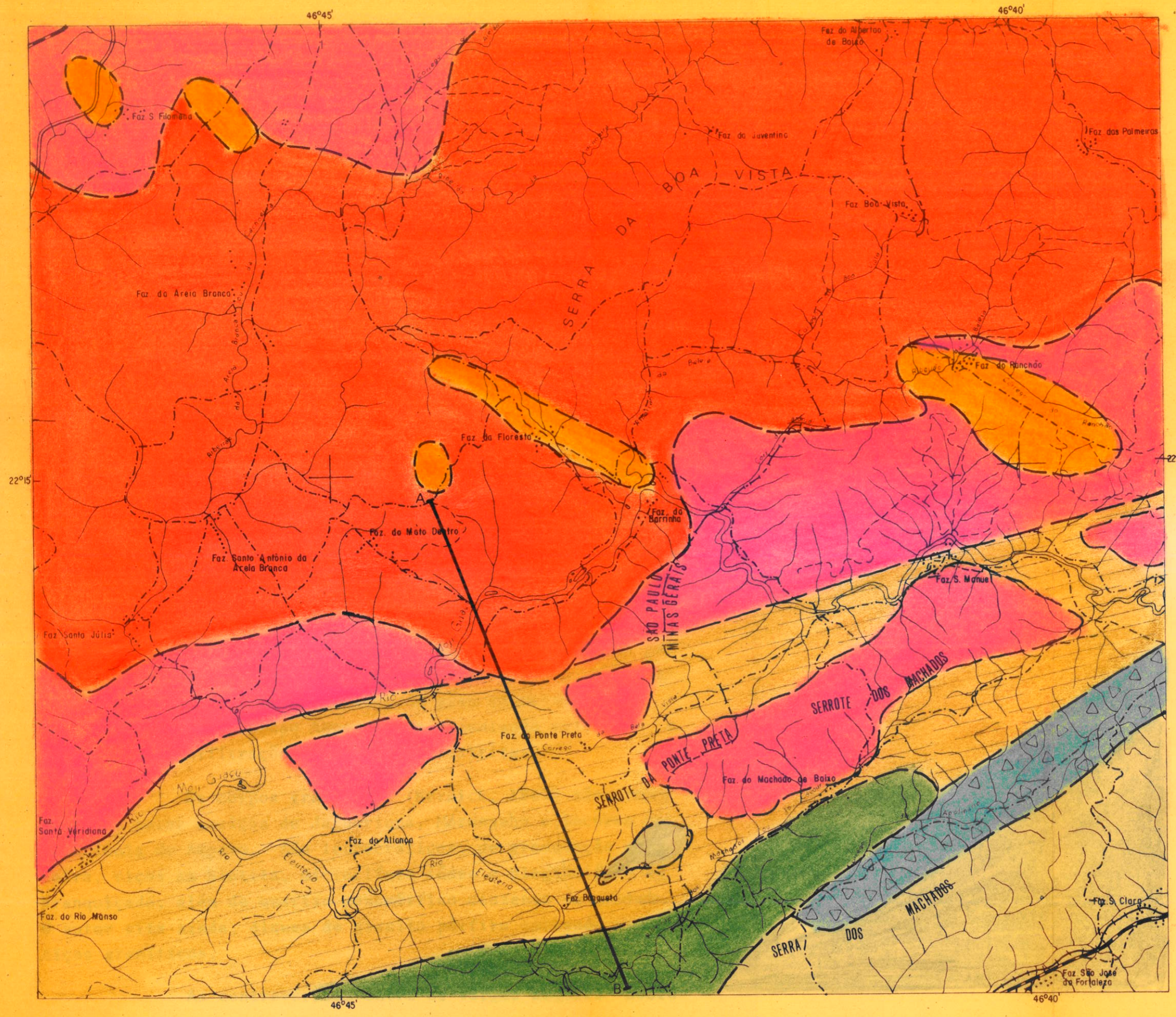
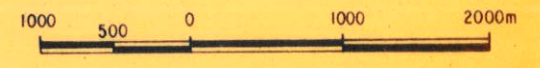
CONVENÇÕES TOPOGRÁFICAS

- Hidrografia
- Ferrovia
- Rodovias
 - pavimentada
 - sem pavimentação-tráfego permanente
 - sem pavimentação-tráfego periódico
 - caminho

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

- Contato geológico aproximado
- Perfil geológico A-B
- Granito porfiroblástico
- Xisto
- Migmatito + granito homogêneo
- Quartzito
- FM Eleutério
- Brecha tectônica
- Cataclasito, milonitos e filonitos

Escala 1:50 000



Paraíba e Eleutério e também numerosos corpos graníticos com feições petrográficas muito variadas. Alguns trabalhos geológicos relativos ao Bloco Jundiá que merecem destaque são os de Franco e Coutinho (1957); Wernick (1967 e 1972 a,b,c); Wernick e Penalva (1974 a,b,c); Ebert (1968 e 1974); Wernick e Artur (1974) e Hasui e outros (1969).

O Grupo Paraíba (Ebert, 1968) é constituído por sedimentos eugeossinclinais, metagrauvas parcialmente conglomeráticas, meta-arcósios e mais raramente por quartzitos e metacalcários. Ocorrem também granulitos e para-charnockitos que, segundo Ebert, estariam ligados a fenômenos de falhamento de empurrão ou gravidade. Esse autor interpreta o Falhamento de Jacutinga como sendo de empurrão.

O Grupo Amparo (Wernick, 1967) é representado por gnaisses ricos em leitos anfibolíticos, migmatitos de alta plasticidade, e em menor quantidade moscovita quartzitos, biotita xistos, rochas calcossilicatadas, gonditos, charnockitos e granulitos. As rochas desse grupo, pertencem à fácies anfibolito e granulito na sua maioria, denotando condições de alto grau de metamorfismo.

O Grupo Itapira (Ebert, 1968) é constituído por rochas metassedimentares, principalmente micaxistos, quartzitos, meta-arcósios e metagrauvas de grau de metamorfismo - mais baixo que o do Grupo Amparo, com granulação mais fina e apresentando infiltrações pegmatóides restritas.

Os corpos graníticos (Wernick, 1967) são representados pelos maciços de Jaguariuna, Morungaba e Socorro na Quadrícula de Amparo. São leucocráticos, de granulação grossa, ricos em biotita, microclíneo róseo e plagioclásio esbranquiçado, além de quartzo xenomórfico cinzento ou azulado. O autor cita ainda, diques de granito pórfito cortando os maciços graníticos.

As controvérsias entre os vários autores sobre

a geologia do Bloco Jundiá se prendem principalmente ao estabelecimento, no tempo e espaço, das rochas pertencentes aos Grupos acima citados.

Segundo Ebert (1971, p. 177), o Grupo Amparo seria correlacionável ao Grupo Barbacena (MG) e o Grupo Itapira aos Grupos São João Del Rei e Andrelândia também em Minas Gerais. Esse autor estabeleceu um sistema de anticlinais e sinclinais especiais englobados por um mega-anticlinal para as rochas pertencentes aos Grupos Amparo e Itapira. Os anticlinais seriam ocupados pelo Grupo Amparo e os sinclinais pelo Grupo Itapira. As abas desse mega-anticlinal mergulhariam para baixo dos maciços graníticos de Pinhal ao norte e de Camanducaia (Socorro) a sudeste.

Wernick e Penalva (1973 b, p.116), estudaram as relações entre os Grupos Amparo e Itapira, tanto através de perfis geológicos no campo, como em observações petrográficas e microtectônicas. Esses autores não constataram os contatos entre os referidos Grupos, como também não confirmaram o padrão estrutural especial apresentado por Ebert. Os gnaisses e quartzitos do Grupo Amparo, apresentam passagens gradativas entre si e mostram o mesmo padrão microtectônico dos quartzitos do Grupo Itapira. Os mesmos autores determinaram ainda que a taxa de quartzitos diminui de oeste para leste, nessa faixa representada por rochas dos Grupos Amparo e Itapira. Paralelamente a essa diminuição de quartzitos, ocorre um incremento de rochas gnaissicas, anfibolíticas e migmatíticas também para leste da referida faixa. As principais conclusões que aqueles autores apresentam, baseadas nessas observações são as seguintes: os Grupos Amparo e Itapira formariam um só complexo, apresentando variações no grau de metamorfismo e litologias diferentes em função da relação material fino/grosso apresentada primariamente. Sugerem ainda que os Grupos Itapira e Amparo, representem a passagem de condições de miogeossinclinal (Grupo Itapira) para eugeossinclinal (Grupo Amparo). Os autores apresentaram esta hipótese aguardando confirmação

geocronológica para os referidos Grupos.

Cordani e outros (1975), fizeram um estudo geocronológico pelo método Rb/Sr em rochas do Bloco Jundiaí. Foram analisadas tanto rochas pertencentes aos Grupos Amparo e Paraíba como dos corpos graníticos.

Ao Grupo Amparo foi atribuída a idade de aproximadamente 2010 m.a., indicando o Ciclo Transamazônico. Esse grupo apresentou características de total rejuvenescimento no Ciclo Brasileiro em algumas amostras analisadas.

O Grupo Paraíba apresentou cogenidade ao Grupo Amparo e um parcial rejuvenescimento no Ciclo Brasileiro. As rochas analisadas do maciço de Morungaba apresentaram idades da ordem de 470 m.a., ligadas às fases finais do ciclo orogênico. Os autores estabeleceram dois ciclos metamórfico-tectônicos no Bloco Jundiaí. Um ciclo de metamorfismo em condições de fácies anfíbolito e granulito (Transamazônico) que envolveu a gênese do Grupo Amparo. Um outro ciclo de rejuvenescimento (Brasileiro) caracterizado por remigmatização, feldspatização e intrusão dos corpos graníticos e, possivelmente, formação dos Grupos Itapira e Eleutério.

Penalva e Wernick (1972, p.75), interpretaram o falhamento de Jacutinga como sendo de rejeito direcional, contrariando o esquema proposto por Ebert, que caracterizou o falhamento como sendo de empurrão.

O Grupo Eleutério segundo Ebert (1974, p. 727), é representado essencialmente por metassiltitos muito decompostos e arcósios. Trata-se de uma sequência metassedimentar, de baixo grau de metamorfismo, ocorrendo numa faixa de aproximadamente 5 x 1km ao longo do contato entre o Grupo Itapira e as rochas milonitizadas do Bloco Pinhal. Esse autor estabeleceu que o Grupo Eleutério mostra a mesma posição espacial que os metassedimentos adjacentes, embora o grau de metamorfismo e litologias sejam diferentes. Ebert aventou, ainda, que o

Grupo Eleutério seria correlacionável ao Grupo Itajaí (SC).

Wernick e Penalva(1974 b,p.723) interpretaram o Grupo Eleutério como sendo um depósito molassóide associado ao Grupo Itapira. Distinguiram ainda, quatro litologias essenciais representadas por arenitos arcossianos, arcósios, siltitos e brechas sedimentares. Os arcósios e arenitos arcossianos predominam a leste do Rio Eleutério e são rochas branco-acinzentadas, apresentando má seleção e granulação média. Essencialmente são formados por grãos arredondados de quartzo e fragmentos angulosos de feldspato. Não são raras estratificações cruzadas e intercalações de siltitos e conglomerados, estes apresentam seixos arredondados de quartzo com até mais de 3cm (Fig. 5). Os siltitos ocorrem tanto sob a forma de seixos arredondados ou angulosos (Fig. 6) no arcósio como sob a forma de leitos delgados, que se intercalam com o arcósio ou são dispersos neste. Mais raramente os siltitos constituem camadas espessas e maciças.

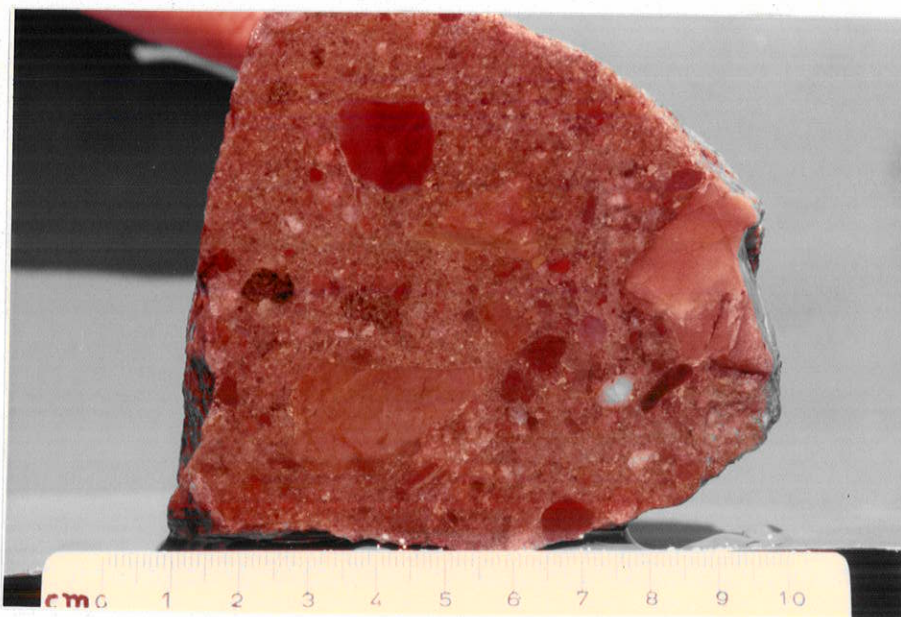


Fig. 5 - Metaconglomerado com predomínio de seixos de quartzo.

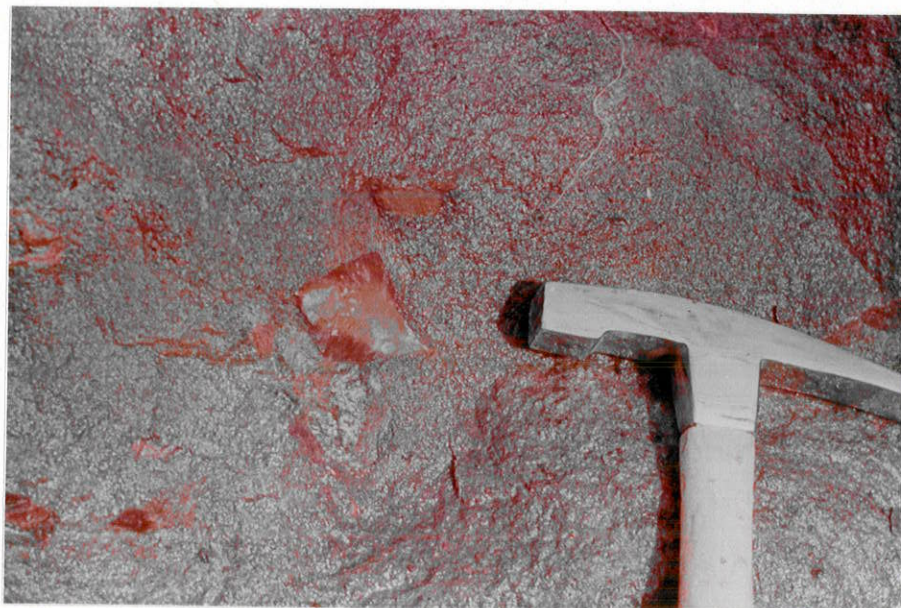


Fig. 6 - Seixos angulosos de metassiltito no meta-arcóσιο.

Ainda segundo Wernick e Penalva, o Grupo Eleutério ocorre sob a forma de uma lente com cerca de 11 x 1 km orientada na direção NE-ENE/SW-WSW. Esse corpo se estende desde as imediações de Eleutério (SP) até as proximidades de Jacutinga (MG). As rochas desse Grupo apresentam acamamento em torno da direção N60°E e mergulhos para NW, com valores variando de 45° a 90° e predominância de 60°. O contato do Grupo Eleutério é tectônico na extremidade ocidental, sendo separado do Bloco Pinhal pelo Falhamento de Jacutinga, e na extremidade oriental está em contato com quartzitos micáceos do Grupo Itapira.

Os trabalhos geológicos referentes ao Bloco Pinhal são esparsos, merecendo destaque os de Wernick e Penalva (1973 a, 1974 a,c), Oliveira (1973) e Oliveira e Alves (1974). As rochas desse Bloco foram agrupadas preliminarmente sob a denominação de Grupo Pinhal (Wernick e Penalva, 1973 a, p.183). Esse Grupo é representado essencialmente, por rochas de idade Transamazônica (aproximadamente 2.000 m.a.) ou até mais antigas, pertencentes às fácies anfíbolito e granulito. Ocorrem predominantemente migmatitos róseos e "granitos porfiroblásticos"; subordinadamente aparecem xistos, quartzitos, anfíboliti-

tos, rochas calco-silicáticas, gnaisses, granulitos e charnockitos. Segundo esses autores, todo o material rochoso foi rejuvenescido e retrabalhado por remigmatização e feldspatização durante o Ciclo Brasileiro (aproximadamente 600 m.a.). Esses fenômenos foram acompanhados de intrusões graníticas.

Na área por nós investigada não ocorrem rochas relativas a todos os Grupos anteriormente citados. Aparecem rochas dos Grupos Itapira e Eleutério (Bloco Jundiaí) e do Grupo Pinhal (Bloco Pinhal), não sendo encontradas rochas pertencentes aos Grupos Paraíba e Amparo.

LITOLOGIA - Não é objetivo deste trabalho a definição detalhada dos tipos litológicos que ocorrem na área como também a sua estratigrafia. Por esse motivo faremos uma descrição sucinta das rochas, sendo a preocupação maior determinar feições estruturais que refletem o tectonismo que afetou a região. A Fig. 4 mostra os grandes grupos de rochas da área.

O único mapeamento geológico de detalhe da região (inédito) é de autoria de Wernick e Penalva (1974 c). Tivemos a oportunidade de consultar o referido trabalho durante o decorrer de nossos trabalhos. Trata-se de um mapeamento geológico dos arredores de Pinhal que envolve parte da área por nós estudada.

Nas proximidades de Pinhal ocorrem rochas graníticas acinzentadas constituídas essencialmente de quartzo, biotita, plagioclásio e microclíneo. Os cristais de microclíneo, de coloração rósea, atingem até 6cm, são prismáticos ou oclares e orientados na rocha. Nesse "granito porfiroblástico", os minerais planares e os agregados de quartzo se dispõem paralela ou sub-paralelamente na rocha e acompanham o contorno dos cristais de microclíneo nas proximidades deste (Fig. 7). Associados aos "granitos porfiroblásticos" ocorrem rochas migmatíticas com estruturas dobradas. Associam-se também rochas de granulação centimétrica sem orientação dos minerais (predomi-

nantemente quartzo, feldspatos alcalinos e micas) em faixas - que raramente atingem 0,5m, constituindo veios aplíticos e pegmatíticos. Esse "granito porfiroblástico" ocorre também nas proximidades do Rio Mogi-Guaçu, inclusive sob a forma de "maciços" preservados do tectonismo, aparecendo "encaixados" na zona de falhamento. Um caso típico desses "maciços" é representado pelo serrote dos Machados, a sudeste da área estudada.

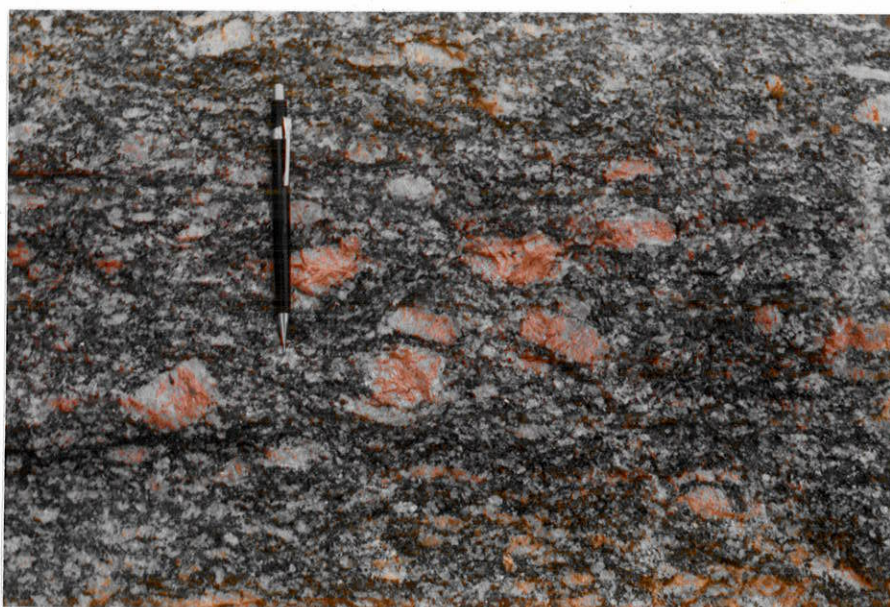


Fig. 7 - "Granito porfiroblástico" das proximidades de Pinhal.

Outro grande grupo de rochas com expressiva extensão em área, é constituído por migmatitos róseos que transicionam para granitos róseos homogêneos, sendo restritos ao Bloco Pinhal, a norte da zona de falha. Essas rochas são constituídas essencialmente por microclíneo, quartzo e biotita. A granulação é variada, predominando a sub-centimétrica a milimétrica, não sendo rara a granulação centimétrica. Esses migmatitos róseos, em diversos locais transicionam para outros a cinzentados, com as mesmas características composicionais, estruturais e texturais, representando apenas variações laterais

restritas.

Os contatos entre o "granito porfiroblástico" e os migmatitos, na maioria das vezes são de difícil delimitação no campo, devido à transição existente entre essas litologias. Em alguns blocos e matacões pudemos distinguir um contato bem definido (Fig. 8), porém esse fato não se constitui regra na região.

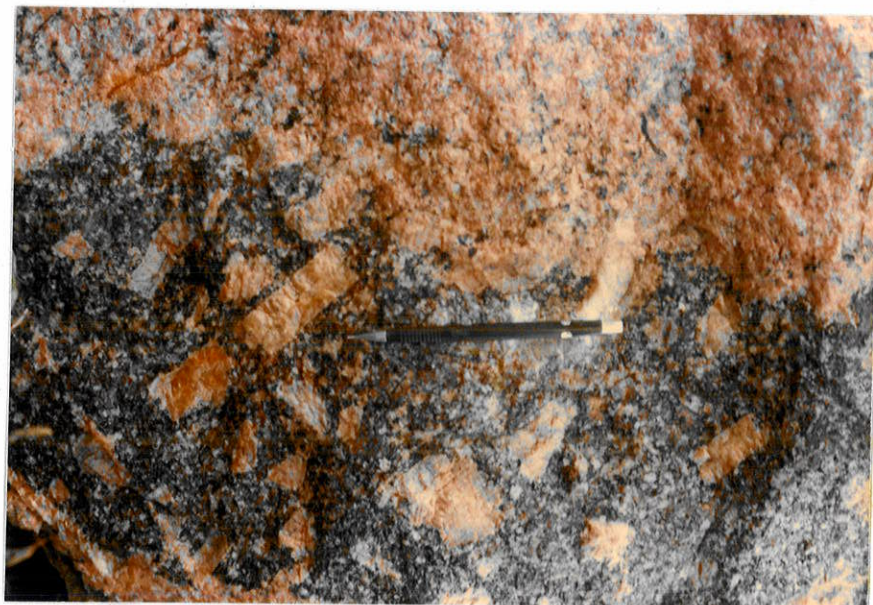


Fig. 8 - Bloco mostrando contato entre migmatito róseo e "granito porfiroblástico".

A sudeste da área investigada ocorre outro tipo litológico bem distinto. Trata-se de brecha tectônica, onde aparecem fragmentos angulosos de rochas atingindo até trinta centímetros, sendo perfeitamente definida a natureza das rochas primitivas. Os fragmentos são constituídos essencialmente de rochas gnaissicas e graníticas, aparecendo subordinadamente fragmentos de rochas mais básicas (Fig. 9). Esse conjunto de rochas ocorre em uma faixa restrita, com nítida orientação nordeste, nas proximidades do Córrego do Apolinário. A origem dessa brecha tectônica ainda não foi definida, porém

a sua posição e orientação sugerem correlação com o Falhamento de Jacutinga. Estudos detalhados poderão definir a gênese dessa ocorrência.



Fig. 9 - Brecha tectônica das proximidades de São Luís.

Ao sul da área estudada ocorrem rochas pertencentes ao Grupo Eleutério. Essa ocorrência de forma lenticular atinge, nos limites da área investigada, uma extensão de 8 km com orientação geral nordeste. As rochas do Grupo Eleutério são, de fato, metassedimentares de baixo grau de metamorfismo. Nós distinguimos na região de afloramentos desse Grupo, a presença de ardósias alteradas, a oeste da cidade de Eleutério. As rochas de granulação mais grosseira desse Grupo ocorrem na parte oriental da lente. Verificamos uma diminuição geral da granulometria dessas rochas para a borda ocidental, culminando com as ardósias acima citadas. Essa variação da granulação dos metassedimentos pode indicar que a fonte do material original (Grupo Itapira) provavelmente estava a leste da lente e o movimento do material se deu para oeste. A hipótese de que o Grupo Eleutério seja um depósito molassóide

de, gerado por regime torrencial a partir do Grupo Itapira, foi proposta por Wernick e Penálva (1974 b, p.725) e encontra amplo apoio nas nossas verificações de campo.

Na extremidade sudeste da área investigada, ocorrem moscovita quartzitos branco-amarelados pertencentes ao Grupo Itapira. Em alguns locais esses quartzitos micáceos com granulação média transicionam para quartzitos mais puros, de coloração mais escura e granulação mais grosseira.

Um outro tipo de rochas com ocorrências restritas na área estudada é constituído por xistos micáceos. Essas ocorrências, com pequena expressão em área, ocorrem no Bloco Pinhal e são estreitas faixas com nítida orientação noroeste. Essas ocorrências de xistos no Bloco Pinhal, possivelmente representam antigos núcleos de material rochoso, de idade Transamazônica, que foram preservados pelo rejuvenescimento durante o Ciclo Brasileiro. No Bloco Jundiá, já fora dos limites da área investigada, a ocorrência dos xistos atinge maiores extensões. Esses xistos pertencem aos Grupos Itapira e Amparo.

Devido à intensidade da tectônica rígida que afetou a região, nas proximidades da zona de falhamento todas as litologias descritas cedem lugar a uma extensa faixa tectonizada, onde aparecem cataclasitos, milonitos e filonitos. Essas rochas serão relatadas com mais detalhe adiante.

ESTRUTURAS - O exame interpretativo de fotografias aéreas, conforme já citado, revelou a existência de lineares estruturais segundo duas direções preferenciais, uma mais importante, a nordeste e outra a noroeste.

A coleta de dados direcionais no campo corroborou a análise realizada nas fotos aéreas. O "trend" direcional predominante das estruturas é o nordeste, visto que a maioria das estruturas planares se apresenta com direção variando desde N15°E a N85°E com valores dominando o intervalo N45°E a N60°E e mergulhos verticais a sub-verticais, raramente meno

res que 75° (preferencialmente para noroeste). Essas orientações nordeste aparecem principalmente em corpos milonitizados e cataclasados, onde se nota a formação de bandas de minerais finos que definem planos de movimentação tectônica, mas também ocorrem em alguns afloramentos de xistos micáceos próximos à zona da falha e em fraturamentos generalizados em quase todos os tipos litológicos da área. As orientações noroeste variam desde $N30^{\circ}W$ a $N85^{\circ}W$, predominando valores em torno de $N40^{\circ}W$ com mergulhos também variáveis, porém preferencialmente para nordeste. Essas orientações noroeste ocorrem principalmente em rochas xistosas micáceas, sendo relativamente frequentes em diaclasamentos das rochas e raras em corpos milonitizados e cataclasados.

A região apresenta dobramentos em escala de afloramento, sendo porém, muito escassos e não guardando uma orientação única, de tal sorte que não nos foi possível definir as orientações preferenciais.

A presença de veios de quartzo não é rara, pois o fraturamento generalizado das rochas favoreceu a sua formação.

Os resultados da análise estatística dos dados direcionais referentes à área investigada confirmaram as observações obtidas em fotografias aéreas e no campo. O diagrama dos polos analisados (Fig. 3) evidencia as duas direções preferenciais já referidas, uma nordeste e outra noroeste, sendo a primeira mais importante. O segundo método estatístico estabeleceu uma anisotropia na distribuição dos dados direcionais, indicando haver direções preferenciais no "espalhamento" dos dados analisados. O nível de significância estabelecido para essa determinação de anisotropia é de .01, o que indica 99% como grau de confiança para essa interpretação.

5. DESCRIÇÃO DA ZONA DE FALHA

Uma das feições cataclásticas que permite fácil

verificação da zona de falhamento no campo é a presença, muito constante ao longo das descontinuidades, de cataclasitos com cristais remanescentes. Trata-se de uma rocha onde a "moagem" do material rochoso foi muito intensa, resultando em uma matriz muito fina. Destacam-se nessa massa cristais maiores, sendo muito frequentes os de feldspato potássico róseo, que possibilitam identificar um caráter granítico-gnaissico da rocha original. Ao longo da zona de falhamento as rochas afetadas se dispõem em faixas alternadas mostrando cisalhamento em graus variáveis. Nas faixas onde os esforços cisalhantes foram intensos, são encontrados milonitos e filonitos, que se alternam com faixas onde a cataclase foi menos intensa. Essas faixas apresentam espessuras variáveis, podendo ser de escala microscópica até mais de uma dezena de metros. Essa alternância de bandas mostrando graus de tectonismo distintos é comum em falhamentos transcorrentes e a espessura total da zona de falhamento pode atingir localmente mais de 3 km.

Quando a "moagem" das rochas afetadas pelos esforços foi muito intensa, aparecem milonitos evoluidos, nos quais é perfeitamente distinta uma foliação sub-vertical com mergulhos oscilando no intervalo 70° a 90° , geralmente para norte. Essas características estruturais imprimem ao milonito - alterado um aspecto de filito (Fig. 10).

De ambos os lados da zona de falhamento aparecem cataclasitos que, a partir da faixa mais afetada, são substituídos por rochas que progressivamente mostram diminuição dos esforços, até aparecerem rochas onde não se nota mais os efeitos do tectonismo.

A extensão das descontinuidades principais ultrapassa os limites da área investigada. Segundo Ebert (1968, p. 222), a zona de falhamento (Fig. 11) se estende comprovadamente de Itapira (SP) até Ipuiuna (MG) e provavelmente até São Gonçalo (MG).

Na parte oriental da área estudada, a 950m de



Fig. 10 - Milonito semelhante à filito das proximidades da Fazenda do Rio Manso.

Fig. 11

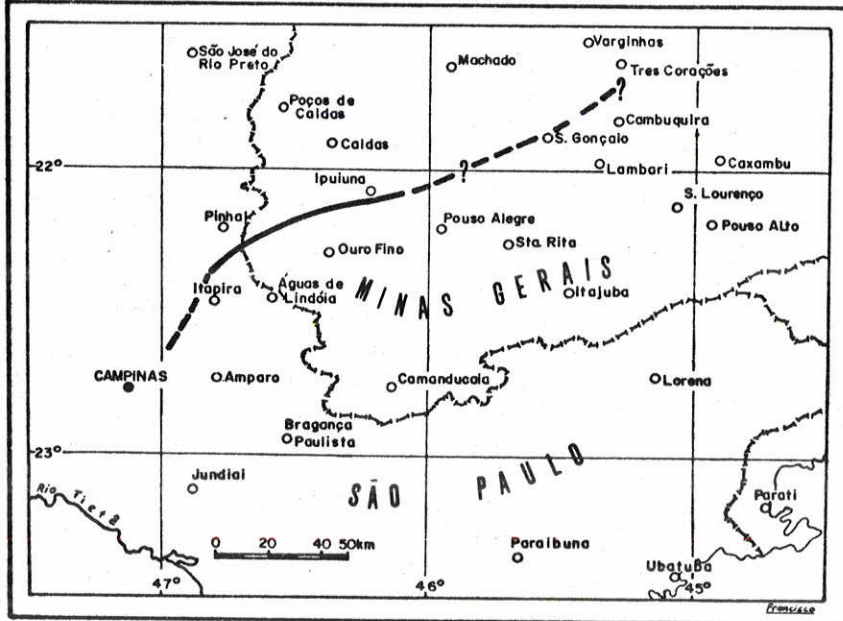


Fig. 11 - Mapa mostrando a extensão da Falha de Jacutinga; modificado de Ebert (1968; p. 218).

São Luís (na estrada Jacutinga-Pinhal) afloram rochas que exibem efeitos cataclásticos numa faixa de aproximadamente 1,5km. Existem boas exposições de rochas exibindo os efeitos da tectônica, sendo particularmente interessante o corte próximo ao rio Mogi-Guaçu, a 1,8km de São Luís. Nessa faixa cataclasada podemos notar o "estiramento" dos constituintes mineralógicos (Fig. 12), milonitos e milonitos porfiroblásticos com cristais de microclíneo (Fig. 13). Essa faixa se estende na direção SW-NE até as proximidades da Fazenda do Machado de Baixo, de ambos os lados do Ribeirão dos Machados ou do Cavour, havendo uma alternância de rochas cataclasadas com os tipos estruturais citados acima. Por vezes aparecem quartzitos micáceos envolvidos no processo tectônico guardando as mesmas relações estruturais dos cataclasitos. Em alguns lugares dessa faixa, a "moagem" da rocha foi tão intensa que os milonitos apresentam granulação sub-milimétrica e foliações cataclásticas oscilando desde N35°E até N60°E, com mergulhos sub-verticais a verticais. Essa faixa cataclasada, desde as proximidades do rio Mogi-Guaçu até a Fazenda do Machado de Baixo, envolve um núcleo preservado de "granito porfiroblástico" com cerca de 5,0 x 1,0 km de extensão. Ao sul a faixa cede lugar aos depósitos molassóides do Grupo Eleutério, que não foram afetados pelo tectonismo.

Na parte central da área estudada, a zona de falhamento sofre uma diminuição de espessura devido à ocorrência do núcleo de "granito porfiroblástico" preservado. A presença desse núcleo favoreceu a intensa milonitização do material rochoso que o circundava. As sucessivas retomadas de movimentação na zona de falhamento provavelmente ocorreram no material circundante ao núcleo, isto devido à menor resistência mecânica oferecida por esse material em relação ao núcleo, que permaneceu preservado. Na altura da Fazenda Ponte Preta a faixa cataclasada total apresenta largura aproximada de 3,5km, estendendo-se desde as proximidades da Fazenda Banqueta até o Rio Mogi-Guaçu. Essa espessura total da zona de falhamento é relativamente elevada quando comparada com outras citadas em



Fig. 12 - Cataclasito com cristais estirados.



Fig. 13 - Milonito porfiroblástico.

trabalhos semelhantes, o que mostra ser o Falhamento Transcorrente de Jacutinga um elemento estrutural muito expressivo. Um outro núcleo de "granito porfiroblástico", entre o rio Mogi Guaçu e a Fazenda Aliança, causa um decréscimo na espessura da faixa cataclasada, que logo após aumenta novamente, estendendo-se até a extremidade oriental da área investigada.

Na parte central da zona de falhamento, os efeitos cataclásticos exibem rochas com cristais "estirados", milonitos laminados, milonitos porfiroclásticos e porfiroblásticos. Praticamente em todas as inflexões dos rios Mogi-Guaçu e Eleutério aparecem rochas cataclasadas e milonitizadas nas quais as foliações cataclásticas apresentam direções NE-SW com mergulhos verticais a sub-verticais, estes normalmente para norte. Nas proximidades da Fazenda do Rio Manso ocorrem milonitos e cataclasitos (Fig. 14), com direções oscilando em torno de $N40^{\circ}E$ que transicionam ao sul para rochas granítico-gnaissicas róseas, onde os efeitos cataclásticos predominantes são fraturamentos centimétricos, que permitiram uma extensa epidotização (Fig. 15).

Em alguns lugares ao longo da zona de falhamento, onde a intensidade do tectonismo foi elevada, o material rochoso além da "moagem", tornou-se suficientemente plástico, para produzir dobras centimétricas (Fig. 16). Essa feição provavelmente seja resultado da conjugação de efeitos relativos à atividade tectônica e à profundidade em que se encontrava o material original. O atrito desenvolvido durante o tectonismo aliado ao gradiente térmico elevado (devido à profundidade), são os responsáveis pelo calor gerado e consequente plasticidade do material rochoso.

6. METAMORFISMO CATACLÁSTICO

As observações em lâminas delgadas mostraram que os efeitos cataclásticos dependem essencialmente de dois fatores: da natureza da rocha afetada e da sua localização na

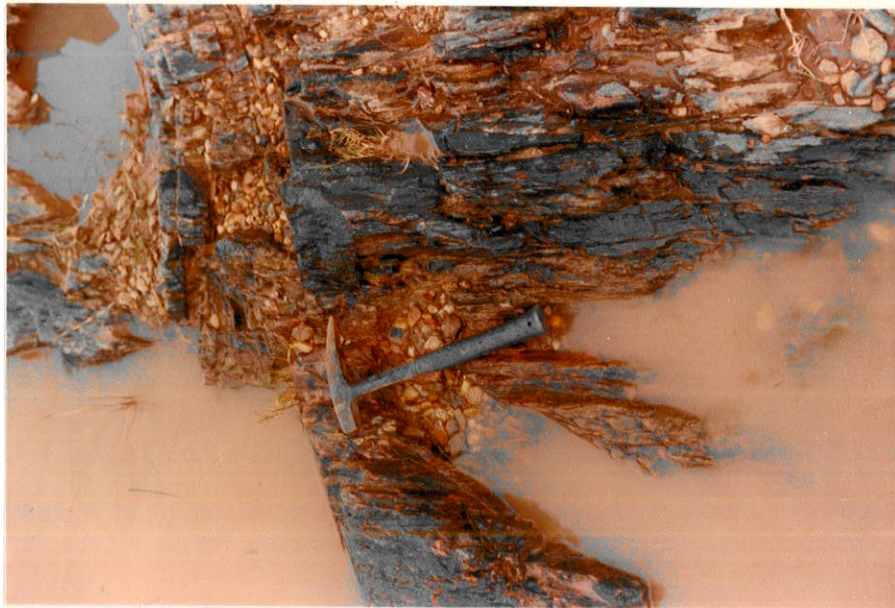


Fig. 14 - Afloramento de milonito próximo à ponte da Fazenda do Rio Manso.



Fig. 15 - Rocha granítica fraturada e epidotizada.

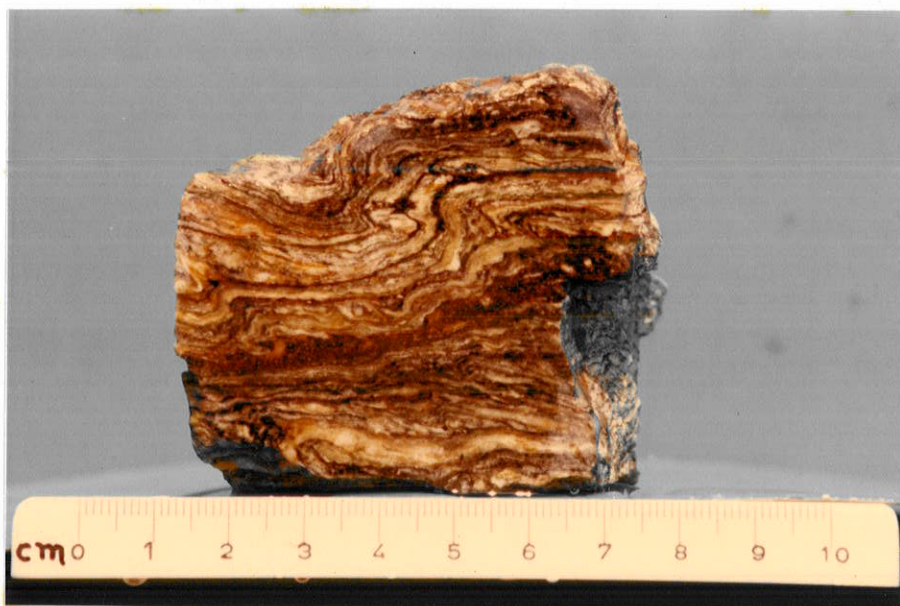


Fig. 16 - Milonito dobrado das proximidades de Ouro Fino (MG).

zona de falhamento. Com relação à natureza petrográfica da rocha primitiva pudemos notar diferenças acentuadas dos efeitos cataclásticos. Em função da textura, estrutura e composição mineralógica, as rochas que melhor registram os esforços do metamorfismo são os granitos, gnaisses e migmatitos, devido à sua granulação grosseira primitiva e também à sua constituição quartzo-feldspática, que favorece o fraturamento. Quando as rochas afetadas apresentam características plásticas, como é o caso de raros afloramentos de xistos na área estudada, os efeitos da movimentação direcional são difíceis de serem percebidos, tanto macro como microscopicamente. Com relação à posição da rocha primitiva, verificamos um decréscimo no grau de fraturamento à medida que nos afastamos da faixa que acreditamos seja a mais afetada. Na zona de falha aparecem milonitos que quando alterados, têm aspecto de filito e vão cedendo lugar a rochas menos afetadas, até aparecerem rochas não registrando nenhum efeito cataclástico. Os filonitos ocorrem associados em faixas onde há predominância de milonitos.

O desenvolvimento de faixas de minerais finamente pulverizados se constitui no efeito cataclástico mais mar-

cante em rochas cristalinas. Nos cataclasitos, as bandas de material fino envolvem fragmentos de rocha, são espaçadas e guardam pouca orientação. Nos milonitos, as bandas são menos espaçadas, chegando a coalescerem; é frequente uma diminuição de fragmentos de rochas, e as bandas são sistematicamente melhor orientadas. Nos milonitos porfiroclásticos, os fragmentos de cristais de feldspato são arredondados ou angulosos e envolvidos por matriz rochosa que apresenta bandeamento encurvado nas proximidades dos feldspatos. O estágio mais evoluído, refletindo intensamente o processo tectônico, é representado por milonitos finamente laminados.

Como feições estruturais, observadas em cataclasitos, notamos o encurvamento da geminação albita nos feldspatos (Fig.17), cristais de feldspatos apresentando extinção ondulante e arredondamento de cristais. Os fragmentos mais frequentes são de feldspatos, ocorrendo ainda com menor frequência cristais de biotita e, raramente quartzo. Este último mineral é um dos mais suscetíveis aos efeitos tectônicos (Anthonioz, 1971, p.127). Atestando ainda que após a milonitização da rocha ocorreram fraturamentos mais modernos com movimentação, verificamos feições microscópicas que lembram "grabens", envolvendo as bandas de minerais finamente moídos (Fig. 18).

Devido à intensa "moagem" a que foram submetidas as rochas na zona de falha, facilitando assim os processos de alteração, os cristais de feldspato apresentam pronunciada sericitização. A presença de faixas epidotizadas nos planos de fraturamento, se constitui em um fato muito frequente em lâminas de milonitos e cataclasitos (Fig. 19). A epidotização pode ser também observada com relativa frequência em vários afloramentos.

Segundo Anthonioz (op. cit.,idem) os diversos minerais que constituem as rochas afetadas apresentam comportamentos diferentes aos esforços, em função de suas propriedades mecânicas.

Em perfis transversais à zona de falhamento po-

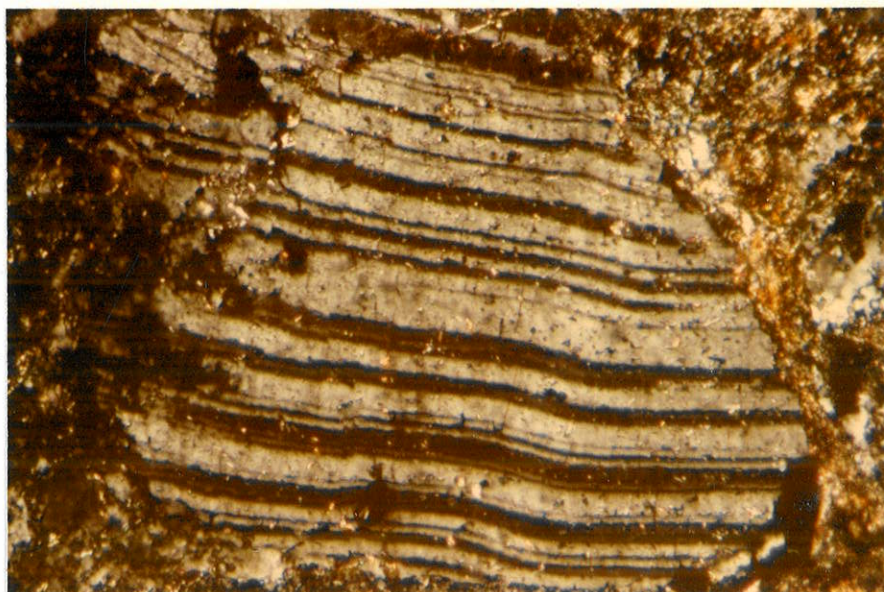


Fig. 17 - Fotomicrografia mostrando geminação albita encurvada. Aumento x 40, ampliação fotográfica x 4,0. Nicois cruzados.

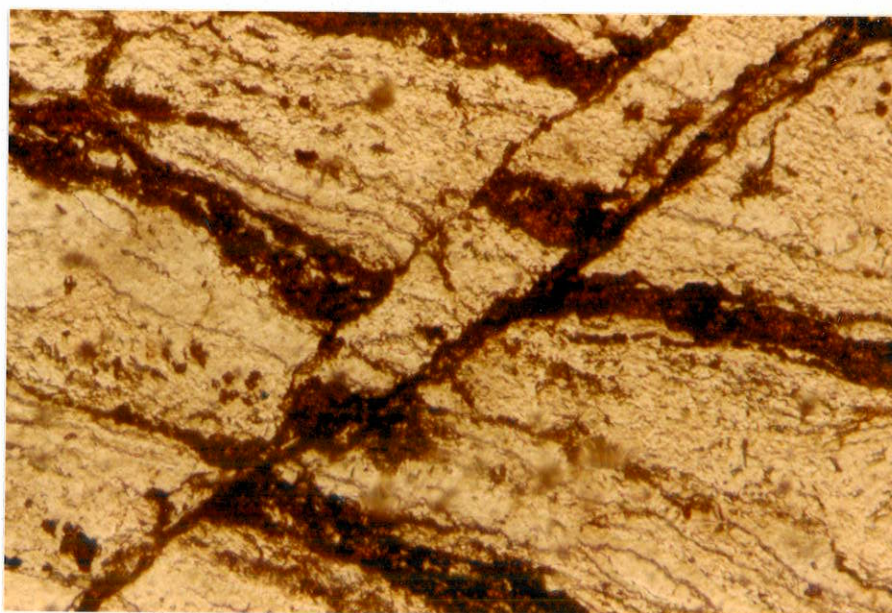


Fig. 18 - Fotomicrografia mostrando "graben". Aumento x 40, ampliação fotográfica x 4,0. Nicois descruzados.

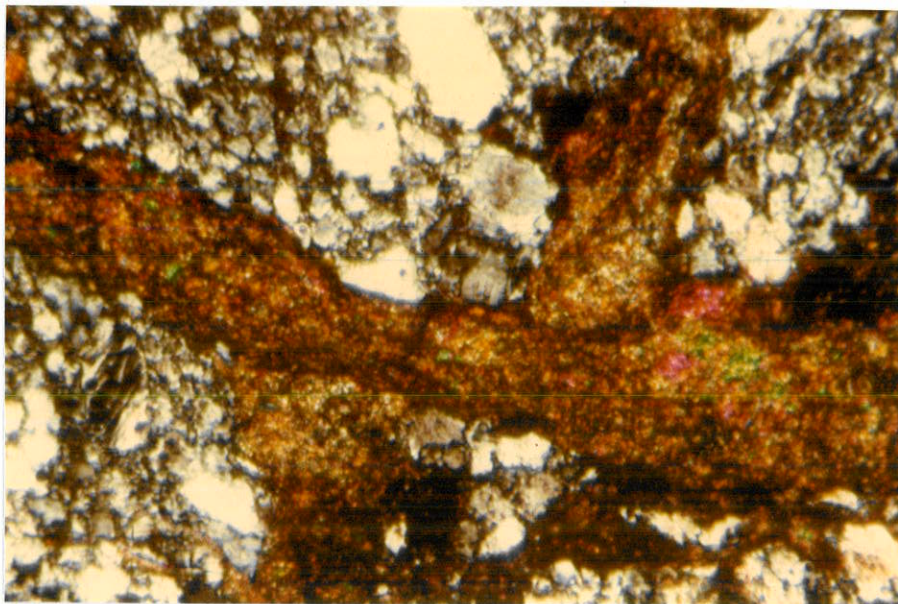


Fig. 19 - Fotomicrografia mostrando epidotização em milonito. Aumento x 40, ampliação fotográfica x 4,0. Nicois cruzados.

demus observar uma série de variações texturais e estruturais, que as rochas exibem à medida que nos afastamos da faixa mais afetada.

A partir da margem para o centro da zona de falha observamos aproximadamente o que segue:

1. Os primeiros efeitos da fragmentação se refletem no microfraturamento do quartzo, enquanto os feldspatos não exibem fraturamento ou o fazem de modo discreto. Os cristais de feldspato mais fragmentados apresentam sericitização e epidotização. Não se observa ainda bandeamentos sob o microscópio e são pouco frequentes as recristalizações de quartzo.

2. Numa segunda fase de cataclase a presença de bandeamentos é muito frequente, a recristalização de quartzo é mais pronunciada e os cataclasitos adquirem essencialmente duas variações estruturais. A estrutura "mortar", onde se observa fragmentos pouco arredondados de agregados minerais que são separados por bandas com distribuição irregular. A estrutura "mortar" indica um estágio inicial de fragmentação ao pas

so que a estrutura "flaser" é indicadora de maior intensidade dos fenômenos cataclásticos. Neste segundo tipo de estrutura, são frequentes agregados minerais facoidais e arredondados, se parados por bandas com melhor orientação que na estrutura "mortar".

3. Nos milonitos a recristalização de quartzo em algumas bandas é total e aparece, com menor frequência, moscovita recristalizada. As bandas de agregados minerais imprimem à rocha uma estrutura orientada. Nos milonitos porfiroblásticos as bandas sofrem um encurvamento nas proximidades dos cristais de microclíneo. Os milonitos porfiroclásticos a apresentam fragmentos angulosos remanescentes (principalmente de microclíneo). Nas faixas onde aparecem milonitos evoluídos as sociam-se filonitos.

De modo geral, em uma seção transversal à zona de falha, observamos a seguinte sequência em direção ao centro da falha: rochas não afetadas; cataclasitos com estrutura "mortar" e "flaser"; milonitos laminados, milonitos porfiroclásticos ou porfiroblásticos e filonitos.

Na Fig.20 apresentamos um perfil composto, esquemático, de uma seção normal à falha no centro da área estudada.

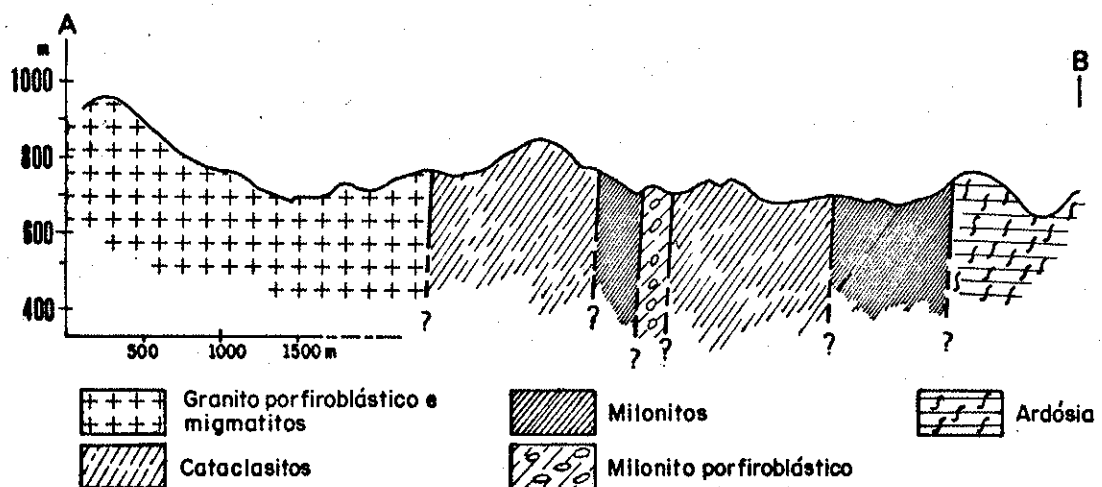


Fig. 20 - Perfil AB, perpendicular à zona de falha.

7. NATUREZA DO DESLOCAMENTO E REJEITO

A presença do deslocamento é atestada pelas litologias bastante distintas entre os Blocos Pinhal e Jundiá. Segundo Anderson (1951), os critérios que permitem classificar o falhamento como transcorrente são:

- traçado retilíneo extenso das discontinuidades principais na superfície do terreno, como consequência de sua atitude;
- foliação sub-vertical, consequente da movimentação paralela à zona de falhamento;
- zona de milonitos espessa; e,
- lineação sub-horizontal gerada pela movimentação nos planos de foliação.

Os três primeiros critérios foram observados na área estudada e lineações nos planos de foliação (estrias de atrito) só verificamos nas proximidades de Pouso Alegre (MG).

A sub-horizontalidade do movimento é responsável pelo confronto de rochas com litologias distintas, a norte e a sul da falha. Esse movimento pode ter cortado zonas de isometamorfismo ou elevado blocos mais profundos, em consequência da componente vertical do rejeito.

Com relação ao sentido do movimento, ainda não reunimos condições de estabelecê-lo. As estruturas que permitem defini-lo (estrias de atrito, dobras de arrasto, etc.), além de serem relativamente escassas na área não se apresentam suficientemente claras, variando muito de atitude. Acreditamos sejam necessários estudos adicionais, inclusive fora dos limites da área estudada, para a perfeita definição do movimento. O fato do sentido das estrias ser variável é explicável pois, em um falhamento de grandes proporções como o de Jacutinga, não são raros deslocamentos relativos locais com sentidos inversos ao do movimento geral.

O confronto entre blocos com litologias diferentes ao longo de toda a área estudada e áreas adjacentes indica que o valor do deslocamento deve ser grande. Não nos foi possível determinar elementos indicadores do rejeito como por exemplo, maciços rochosos cortados e separados pela falha, que permitiriam estimar o seu valor. Acreditamos que o rejeito total deva ultrapassar 100 km. Somente através de trabalhos detalhados ao longo da zona de falha, poderemos definir o valor do rejeito total.

8. IDADE DO FALHAMENTO TRANSCORRENTE

Diversos autores como Delhal e outros (1969), Oliveira (1973), Cordani (1973), Wernick e Penalva (1973 a, 1974 a), descreveram fenômenos de feldspatização, migmatização e granitização em regiões diferentes.

Wernick e Penalva (1974 a), estudaram os fenômenos de feldspatização e migmatização em charnockitos e granulitos do leste paulista e sul de Minas Gerais. Segundo eles, a migmatização ocorreu na região ora pesquisada e foi possível definir dois tipos de migmatitos: um predominantemente róseo, ocorrendo no Bloco Pinhal a norte do Falhamento de Jacutinga, e denominado "migmatito tipo Pinhal"; o outro tipo, acinzentado, ocorre no Bloco Jundiá a sul da referida falha, é denominado "migmatito tipo Amparo". Os migmatitos do Bloco Jundiá denotam elevada plasticidade pela presença de estruturas características desse estado, ao passo que os do Bloco Pinhal mostram feições de alta plasticidade e também uma rigidez do material submetido à migmatização. O volume de material remobilizado, bem como o grau de homogeneização são menores nos migmatitos do Bloco Jundiá do que nos do Bloco Pinhal. Nesse Bloco são comuns migmatitos róseos transicionarem para corpos graníticos. Aqueles autores sugerem ainda que os "migmatitos tipo Pinhal" representam uma evolução, por remigmatização, dos "migmatitos tipo Amparo". A feldspatização se caracteriza por um incremento de feldspato microclíneo nas rochas migmatíticas,

aparecendo então granitos e gnaisses porfiroblásticos, quando o processo se dá em migmatitos róseos homogeneizados ou em xistos e gnaisses respectivamente. Os mesmos autores estabeleceram ainda, que a feldspatização e remigmatização ocorreram durante o Ciclo Brasileiro.

Gomes, Ruberti e Wernick (no prelo) estudaram feldspatos de rochas graníticas da região nordeste do Estado de São Paulo, provenientes do maciço Pinhal, incluindo granitos equigranulares e migmatitos. Uma das principais conclusões dos autores foi que "os elevados teores em Or, sempre superiores a 75% nos megacristais, sugerem sua formação a partir de processos de recristalização no estado sólido ou através de metassomatismo, antes que da precipitação de um magma silicático". Os autores ainda atribuem ao complexo Pinhal a idade Brasileira (aproximadamente 600 m.a.).

Segundo Delhal e outros (1969) e Cordani(1973) a remigmatização de algumas rochas granulíticas e charnockíticas de parte do Estado de Minas Gerais, ocorreu no Ciclo Brasileiro.

Estudando a região de São José do Rio Pardo(SP), Oliveira (1973), estabeleceu que a remigmatização de charnokitos e granulitos ocorreu durante o Ciclo Brasileiro.

Outros estudos geocronológicos de Ebert e Brochini (1968), em rochas das proximidades de Pinhal revelaram idades relativas ao Ciclo Brasileiro.

Com base no acima exposto, foi sugerido estabelecer idade Transamazônica para as rochas do Bloco Jundiá, das quais por rejuvenescimento provavelmente no Ciclo Brasileiro, resultaram as rochas do Bloco Pinhal. Uma vez estabelecida essa cronologia dos eventos, apresentamos alguns elementos que permitem estimar a idade do Falhamento de Jacutinga.

Essa tentativa de definição da idade do processo tectônico se baseia em critérios puramente estruturais apresentados principalmente pelos milonitos porfiroblásticos e

porfiroclásticos da zona de falha. Essas últimas rochas apresentam, em vários pontos da faixa mais afetada, fragmentos angulosos de microclíneo dispersos na matriz rochosa finamente pulverizada (Fig. 21). Devido a essa fragmentação e dispersão, inferimos que a feldspatização se processava na região quando o falhamento era ativo. Em certos lugares os milonitos porfiroblásticos apresentam os megacristais de feldspato microclíneo envolvidos por matriz de modo a concordarem com a orientação da foliação cataclástica (Fig. 22). Essa distribuição, com o eixo maior dos feldspatos praticamente paralelo à foliação, permite estabelecer que a feldspatização continuou após o falhamento ter se desenvolvido.

Em outros locais observamos que os megacristais de microclíneo se apresentam sem algum efeito do tectonismo e se desenvolveram de maneira caótica na matriz, chegando quase à perpendicularidade em alguns lugares (Fig. 23). Concluímos que o processo de feldspatização continuou a ocorrer quando a movimentação ao longo dos planos de falha já havia cessado.

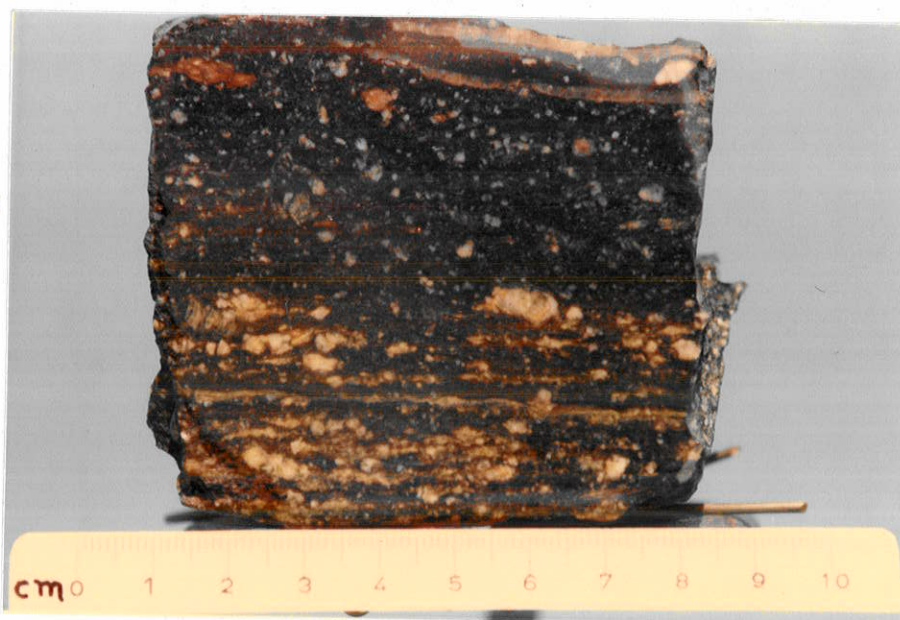


Fig. 21 - Cristais de microclíneo quebrados.



Fig. 22 - Cristais de microclíneo paralelos à foliação.



Fig. 23 - Cristais de microclíneo transversais à foliação.

Considerando que os processos de feldspatização tenham de fato ocorrido no final do Ciclo Brasileiro, podemos concluir que o Falhamento de Jacutinga também apresenta idade Brasileira, o que o diferencia de outros falhamentos transcorrentes, não ligados à orogenia, mas sim a fenômenos regmagênicos posteriores, como aconteceu com o "Falhamento Transcorrente de Taxaquara", estudado por Hennies e outros (1967).

9. CONCLUSÕES

Em vista do que observamos, a partir dos dados de campo e laboratório, chegamos às seguintes conclusões:

a) É bastante nítida a presença de dois lineamentos estruturais na área estudada, um mais importante a nordeste e outro a noroeste. O Falhamento de Jacutinga apresenta direção geral nordeste e a espessura total da zona cataclásada pode atingir até 3,5 km, o que mostra ser este um falhamento de grande expressão.

b) Todos os critérios estabelecidos por Anderson para caracterizar um falhamento como transcorrente foram observados na área investigada e áreas adjacentes. Os sentidos variáveis das estruturas (estrias de atrito, dobras de arrasto, etc.) são perfeitamente explicáveis pela presença de deslocamentos relativos locais, com movimentos inversos ao do movimento geral.

c) Quando a "moagem" das rochas afetadas pelo tectonismo foi intensa, aparecem milonitos laminados que, quando alterados, apresentam aspecto de filito. Embora a intensidade do tectonismo tenha sido elevada, ocorrem alguns núcleos de "granito porfiroblástico", que foram preservados durante as sucessivas retomadas de movimentação, devido à diferença de resistência mecânica em relação ao material que o circundava.

d) Os efeitos cataclásticos dependem essencialmente de dois fatores: da natureza da rocha afetada e da sua posição na zona de falha. Em alguns lugares ocorrem milonitos

com dobras centimétricas, que evidenciam um caráter plástico do material, como decorrência do gradiente térmico elevado (devido à profundidade) aliado à alta intensidade do tectonismo.

e) A sequência das rochas em perfis transversais à zona de falha, a partir da margem para o centro da faixa mais afetada, é aproximadamente a seguinte: rochas não afetadas; cataclasitos com estruturas "mortar" e "flaser"; milonitos laminados, milonitos porfiroclásticos ou porfiroblásticos e filonitos.

f) As feições estruturais apresentadas pelos milonitos porfiroclásticos e porfiroblásticos permitiram estabelecer idade relativa ao final do Ciclo Brasileiro para o Falhamento Transcorrente de Jacutinga.

10. AGRADECIMENTOS

Desejamos deixar, aqui consignados, os nossos mais sinceros agradecimentos às seguintes entidades e pesoas:

Prof. Dr. Faustino Penalva, orientador desta dissertação, pelo precioso e paciente incentivo, que tornou possível este trabalho.

Prof. Dr. Eberhard Wernick do Departamento de Geologia e Mineralogia, da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro, pelas valiosas informações e fornecimento de material bibliográfico.

Professores do Departamento de Geologia e Mecânica dos Solos, da Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, pelas sugestões em algumas etapas deste trabalho.

Senhor Flávio Mattiello, técnico do Departamento de Geologia e Mecânica dos Solos, da Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, pelos trabalhos fotográficos, confecção de seções delgadas e auxílio nos trabalhos de campo.

Prof. Luiz Marino, da Universidade Federal de São Carlos, pelo acompanhamento nos trabalhos de campo e fotomicrográfico.

Senhor Oswaldo Buckwisier Jr., funcionário do Departamento de Geologia e Mecânica dos Solos, da Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, pela ajuda prestada nos trabalhos de campo.

Senhora Thereza Giacomo Crnkowics, secretária do Departamento de Geologia e Mecânica dos Solos, e Loren Cury, secretária do Instituto de Pesquisas e Aperfeiçoamento Industrial, da Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, pelo cuidadoso trabalho de datilografia.

11. BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, F.F.M. de - 1955 - As camadas de São Paulo e tectônica da Serra da Cantareira - Bol.Soc.Bras.Geol. V.4, Nº 2, 23-40 - São Paulo.
- ALMEIDA, F.F.M. de - 1964 - Fundamentos Geológicos do relevo Paulista - Instituto Geográfico e Geológico. Boletim Nº 41, 169-263.
- AMERICAN GEOLOGICAL INSTITUTE - 1973 - Glossary of Geology. Washington D.C.
- ANDERSON, E.M. - 1951 - The dynamics of faulting. Oliver and Boyd, 2ª ed. - Edinburgh.
- ANTHONIOZ, P.M. - 1971 - Les Mylonites profondes: Etude qualitative e comparative du métamorphisme blastomylonitique. Sciences de La Terra. Tome XVI, 109-155.
- CHAYES, F. - 1954 - Statistical analysis of two-dimensional-fabric diagrams: Statistical analysis of three-dimensional fabric diagrams. In: Fairbairn, H.W., structural petrology of deformed rocks. Cambridge, Mass., Addison - Wesley Press, 297-326.
- CORDANI, U.G. - 1973 - Evolução geológica Pré-Cambriana da faixa costeira do Brasil entre Salvador e Vitória. Tese de Livre-Docência. Instituto de Geociências da USP. 98p. Inédito.
- CORDANI, U.G. ; OLIVEIRA, M.A.F. de ; KAWASHITA, K. e WERNICK, E. - 1975 - Estudo Geocronológico pelo método Rb/Sr em rochas do Bloco Jundiá. 10 p. Inédito.

- COUTINHO, J.M.V. - 1971 - O Falhamento de Cubatão - XXV Congresso Brasileiro de Geologia, Boletim Especial N° 1. Resumo das Comunicações, 130-131.
- DELHAL, J. ; LEDENT, D. e CORDANI, U.G. - 1969 - Ages Pb/U, Sr/Rb e Ar/K des formations metamorphiques et granitiques du Sud-Est du Brésil (États de Rio de Janeiro et de Minas Gerais). Annal.Soc.Géol. Belgique, 92, 271-283.
- EBERT, H. - 1968 - Ocorrência da fácies granulito no sul de Minas Gerais e em áreas adjacentes, em dependência da estrutura orogênica: hipóteses sobre sua origem. An.Acad. Brasil.Cienc., 40, suplemento, 216-229.
- EBERT, H. - 1971 - Os Paraibides entre São João Del Rei, Minas Gerais, e Itapira, São Paulo, e a bifurcação entre Paraibides e Araxaides. XXV Congresso Brasileiro de Geologia. Boletim Especial N° 1. Resumo das Comunicações , 177-178.
- EBERT, H. - 1974 - O Grupo Eleutério e a falha de Jacutinga (Nordeste de São Paulo). XXVII Congresso Brasileiro de Geologia. Boletim Especial N° 1. Resumo das Comunicações. 726-730.
- EBERT, H. e BROCHINI, M.F. - 1968 - Estudos estratigráficos e geocronológicos no Escudo Cristalino Brasileiro. Ciência e Cultura. V.20, 621-625.
- FRANCO, R.R. e COUTINHO, J.M.V. - 1957 - Charnockitos e rochas associadas no Município de Amparo e Socorro, Estado de São Paulo. An.Acad.Brasil.Ciênc. V.28, 303-311.
- GOMES, C.B. ; RUBERTI, E. e WERNICK, E. - 1975 - Feldspatos potássicos e sódico-cálcicos de rochas graníticas da região NE do Estado de São Paulo, Brasil. 15 p. Inédito.

- HASUI, Y. - 1974 - Tectônica da área das folhas de São Roque e Pilar do Sul. Tese de Livre Docência. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, 190 p. Inédito.
- HASUI, Y. ; PENALVA, F. e HENNIES, W.T. - 1969 - Geologia do Grupo São Roque. Anais do XXIII Congresso Brasileiro de Geologia, 101-134.
- HENNIES, W.T. ; HASUI, Y. e PENALVA, F. - 1967 - O Falhamento transcorrente de Taxaquara - Anais do XXI Congresso Brasileiro de Geologia, 159-168.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - 1972 - Folhas Topográficas de Aguaí, Pinhal, Mogi-Mirim e Águas de Lindóia, escala 1:50.000.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO - 1963 - Carta Geológica do Estado de São Paulo, escala 1:1.000.000.
- KEMP, J.F. - 1942 - A Handbook of Rocks - 6a ed. D. Van Nostrand - New York.
- OLIVEIRA, M.A.F. de - 1973 - Petrologia das rochas metamórficas da região de São José do Rio Pardo, SP. Revista Brasileira de Geociências. V. 3(4), 257-278.
- OLIVEIRA, M.A.F. de e ALVES, F.R. - 1974 - Wollastonita em associações cálcicas de fácies granulito, Caconde, SP. XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia. Boletim 1. Resumo das Comunicações, 405-406.
- PENALVA, F. e HENNIES, W.T. - 1971 - A coloração seletiva de minerais como técnica auxiliar no estudo de rochas. Ciência e Cultura. V. 23(5), 577-584.

PENALVA, F. e WERNICK, E. - 1972 - Falhas Transcorrentes em áreas pré-cambrianas do Estado de São Paulo. XXVI Congresso Brasileiro de Geologia. Boletim Especial Nº 1 . Resumo das Comunicações, 75-76.

PENALVA, F. e WERNICK, E. - 1973 - Compartimentação tectônica em parte do Pré-Cambriano paulista. XXVII Congresso Brasileiro de Geologia. Resumo das Comunicações. Boletim Nº 1, 128-129.

SADOWSKY, G.R. - 1974 - Tectônica da Serra de Cubatão. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, 159 p. Inédito.

WARNER, J. - 1968 - Fortran IV program for construction of Pi diagrams with the univac 1108 computer - Computer - Contribution Nº 33. 38 p.

WERNICK, E. - 1967 - Geologia da região de Amparo (leste do Estado de São Paulo). Tese de Doutorado. F.F.C.L.de Rio Claro. 225 p. Inédito.

WERNICK, E. - 1972 a - Sobre a ocorrência de rochas calco-silicáticas nas proximidades de Duas Pontes, Município de Arcadas, Leste do Estado de São Paulo. Ciência e Cultura. V. 24, 358-367.

WERNICK, E. - 1972 b - Granitos pór-firos dos arredores de Serra Negra, Valinhos e Amparo e suas relações com o maciço de Morungaba, Leste do Estado de São Paulo. Rev. Brasil Geociências, V. 2, 129-138.

WERNICK, E. - 1972 c - A geologia do maciço de Morungaba, Leste do Estado de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos. Boletim Geologia 16. 110 p.

WERNICK, E. e ARTUR, A.C. - 1974 - Petrofábrica de migmatitos dos arredores de Amparo. Revista Brasileira de Geociências. V. 4(1), 27-39.

WERNICK, E. e PENALVA, F. - 1973 a - Feições estruturais de migmatitos ao Norte e Sul da falha de Jacutinga -25a Reunião Anual da S.B.P.C. Ciência e Cultura. 25(6). 183.

WERNICK, E. e PENALVA, F. - 1973 b - As relações entre os Grupos Amparo e Itapira (São Paulo). XXVII Congresso Brasileiro de Geologia. Boletim Especial Nº 1. Resumo das Comunicações. 116-117.

WERNICK, E. e PENALVA, F. - 1974 a - Migmatização e feldspatização de charnockitos e granulitos no leste paulista e sul de Minas Gerais. XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia. Resumo das Comunicações. 445-448.

WERNICK, E. e PENALVA, F. - 1974 b - Depósitos molassóides da formação Eleutério, São Paulo - Minas Gerais. XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia. Resumo das Comunicações. 723-726.

WERNICK, E. e PENALVA, F. - 1974 c - Mapa Geológico dos arredores de Pinhal (Leste do Estado de São Paulo). Inédito.

WILLIAMS, H. ; TURNER, F. e GILBERT, C.M. - 1965 - Petrography. 1a ed., H. Freeman and Co. - San Francisco.