

GEOLOGIA E TECTÔNICA DA REGIÃO DO ITATIAIA
(Sudeste do Brasil)

Faustino Penalva

Entregue para publicação em 4 de junho de 1964.

ÍNDICE

Abstract	99
Resumo	101
I — INTRODUÇÃO	105
II — TRABALHOS ANTERIORES	108
III — MÉTODOS DE TRABALHO	109
IV — GEOLOGIA REGIONAL	111
1. O Gnaisse do Embasamento Cristalino	111
2. As Rochas Alcalinas	112
3. Sedimentos Terciários de Resende	114
4. Aluviões do Rio Paraíba	114
V — OS CORPOS INTRUSIVOS DA PROVÍNCIA ALCA- LINA DO ITATIAIA	114
1. O Maciço do Itatiaia	116
2. O Maciço de Passa-Quatro	116
3. O Morro Redondo	117
4. Pesquisa de Outros Eventuais Corpos	118
5. A Área de Ocorrência das Rochas Alcalinas	119
VI — O CORPO ALCALINO DO ITATIAIA	120
1. Sua Localização e Acesso	120
2. As Elevações e a Drenagem	122
3. Condições Climáticas da Região	125
4. A Forma do Corpo e o Traçado dos Contatos	126
5. As Rochas Alcalinas Quartzosas do Planalto	128
VII — BRECHA MAGMÁTICA	129
1. Os Corpos de Brecha e a Extensão da Ocorrência	129
2. Estruturas Fluidais	134
3. Alterações Mineralógicas no Final da Consolidação	135
VIII — FENÔMENOS MAGMÁTICOS E TECTÔNICOS DO CORPO DO ITATIAIA	137
1. O Gnaisse	137
2. Diques	140
3. Xenólitos na Periferia da Intrusão Alcalina	144
4. As Grandes Estruturas do Relêvo	145
5. O Diaclasamento das Intrusivas	152
6. O Falhamento das Intrusivas	158

IX — A TECTÔNICA REGIONAL E A GÊNESE DOS COR- POS ALCALINOS	162
1. A Herança Pré-Cambriana	163
2. Os Levantamentos Epirogênicos	164
3. O Magma Basáltico e as Intrusões Alcalinas	165
4. O Planalto Cretáceo e o Tectonismo Terciário	168
X — CONSIDERAÇÕES SÔBRE ALGUMAS FASES DA HISTÓRIA DA INTRUSÃO	170
1. A Intrusão, o Espaço e a Idade	170
2. O Resfriamento e os Tipos Petrográficos	173
3. A Fase de Colapso e a Brecha Magmática ...	175
4. Os Falhamentos Terciários e o Vale do Paraíba ...	178
5. O Depósito de Talude	180
XI — A TECTÔNICA E A MORFOLOGIA DO PLANALTO	182
1. Histórico das Idéias Glaciais	184
2. Análise das Provas da Atividade Glacial	186
a) Clima	186
b) Altitude	187
c) O trabalho do gelo	187
3. A Importância dos Fenômenos Tectônicos	188
XII — CONCLUSÕES	190
XIII — BIBLIOGRAFIA	193

ABSTRACT

This paper presents some results of geologic investigation in the Itatiaia region, southeastern Brazil. Intrusive bodies of alkalic rocks were mapped, and a study in tectonics and morphology was carried out.

The total area of alkalic rocks in this region is 335 km² and is underlain by three igneous complexes: Morro Redondo (5 km²), Passa Quatro (110 km²), and Itatiaia (220 km²). The last one was the main object of this investigation. Some attention was given also to the crystalline basement and clastic sediments of upper cenozoic age.

The Itatiaia alkalic body is elongated in the direction SE-NW and its contacts are irregular. Lithologic types are numerous (from the base to the top): nepheline syenite, foyaite, magmatic breccia, nordmarkite, quartz syenite and alkali granite. Silica content increases from the base to the top and from the border to the center.

A special study of magmatic breccia was made, which underlies two areas (7 km² and 3 km²) and consists of fine grained alkalic rocks enclosing fragments of the same rock. These occurrences may be pipes.

Some structural features are easily visible: the big circular wall (9 km in diameter) surrounding the "planalto", the Couto-Prateleiras height and the Lírios valley. Drainage in some places is annular, controlled by structure.

Due to the intense jointing, an enormous quantity of boulders appears, a distinctive feature of much of the topography.

The age of intrusion is considered jura-cretaceous*. Alkalic magma, differentiated from a basic one, intruded the regional

* This was the age generally accepted until february, 1964, when this paper was finished. Recent determinations, made by the Geochronology Laboratory, University of São Paulo, suggest an upper cretaceous age (66 m.y.)

gneiss by forcing up the roof. At the end of the period of consolidation, the top of intrusion collapsed, producing as a result, the breccia pipes and circular surrounding wall.

Some post intrusive faulting occurred in the region and affected both the basement and the intrusion. The Paraíba Valley was created as a result, as well as a deposit of talus related to the fault scarp line and the steep gradient of Campo Belo river

A previously postulated alpine glaciation, which would have sculptured the Itatiaia plateau, could not be proven. Climatic factors were found to be of secondary importance; tectonic elements, chiefly the intense jointing, are responsible for the morphological aspects of the Itatiaia massive.

RESUMO

No presente trabalho apresentamos os resultados das pesquisas geológicas efetuadas na região do Itatiaia, procurando atualizar as informações sobre esta interessante área. Com base nas melhores possibilidades de acesso e nos conhecimentos sobre os demais corpos de rochas alcalinas no mundo, colhemos os dados essenciais à elaboração do mapa geológico na escala de 1:50.000 e à compreensão dos fenômenos magmáticos, tectônicos e morfológicos responsáveis pelo aspecto atual da região.

Dada a grande extensão da área, o relevo acidentado e a floresta densa, restringimo-nos à coleta das informações de campo de natureza geral, sem nos aprofundarmos nos pormenores.

Na fase preliminar dos trabalhos fizemos o reconhecimento das rochas do embasamento gnáissico, das intrusivas alcalinas posteriores e dos sedimentos clásticos cenozóicos da bacia de Resende.

Dos 3 corpos de rochas alcalinas (Itatiaia, Passa Quatro e Morro Redondo), o corpo do Itatiaia foi o objeto principal das nossas pesquisas, e a êle dedicamos a maior parte deste trabalho.

A forma do corpo do Itatiaia é irregular, destacando-se um eixo alongado na direção NW. As rochas quartzosas e os corpos de brecha também são orientados NW.

A variedade litológica é relativamente grande, compreendendo os seguintes tipos de rochas (em direção ao topo e ao centro da intrusão): nefelina-sienito, foiaíto, brecha magmática, nordmarkito, quartzo-sienito e granito alcalino.

Chamamos de brecha magmática 2 corpos de rochas alcalinas de granulação fina, com áreas contendo fragmentos de rochas da mesma natureza. Apresentam estruturas fluidais de-

sordenadas, pirita, clorita, calcita e cristais de feldspato corroídos. As observações de campo favorecem a sua interpretação como sendo um tipo de chaminé, ligada à fase final da consolidação do maciço e ao provável abatimento do tampo da intrusão.

Ocorre grande número de diques dentro ou fora das rochas alcalinas, com espessuras de 30 cm a poucos metros; obedecem, em geral, as direções NE e NW

Das estruturas que se salientam no relêvo merecem destaque: a grande muralha que circunda o planalto, os espigões Couto-Prateleiras e Marombas-Dois Irmãos, a escarpa do vale do Paraíba e o vale dos Lírios. A drenagem em alguns setores é nitidamente anelar, sob controle estrutural.

Falhas de pequena expressão foram constatadas diretamente. Porém as grandes linhas da topografia foram interpretadas como resultado de falhamentos, como o vale dos Lírios, escarpa Couto-Prateleiras e o próprio planalto como um todo.

No intenso diaclasamento reside a explicação para os aspectos menores da morfologia do planalto. Apresentam-se em múltiplos sistemas e condicionam a desagregação das rochas em um sem número de matacões.

Do ponto de vista da tectônica regional, o Itatiaia localiza-se em região cujas características têm sido muito debatidas. O embasamento estaria sujeito a um determinismo estrutural pré-cambriano, o qual comandaria os fenômenos modernos, inclusive a tradicional associação entre os corpos de rochas alcalinas e os escudos cristalinos. Por longo tempo o sudeste brasileiro esteve sob a ação de movimentos epirogênicos ascendentes sendo arqueado e fraturado, permitindo a ocorrência dos derrames basálticos e a diferenciação e intrusão do magma alcalino. São desconhecidas as causas dessa epirogênese, a qual seria ainda a responsável pelo tectonismo terciário que originou o vale do Paraíba, as serras que o delimitam e as bacias de Taubaté e Resende.

A intrusão ganhou o seu espaço pelo deslocamento do teto através de falhas verticais, fato êsse ocorrido no Cretáceo ou mesmo no Paleoceno, conforme indícios recentes. Durante

o resfriamento processou-se o fracionamento do magma, tornado-se as rochas cada vez mais ricas em sílica, da base para o tampo, e da periferia para o centro.

A área rebaixada do planalto e a grande estrutura anelar foram por nós interpretadas como consequência de uma fase de colapso, ligada talvez à intrusão da brecha magmática, cuja chaminé poderia ter tido contato com o exterior

Falhamentos pós-intrusivos ressaltam morfológicamente as rochas alcalinas, afetando a área do planalto (Vale dos Lírios) e a estrutura anelar no flanco sul da intrusão, propiciando a formação de espesso depósito de "tálus" dentro do vale do Paraíba, relacionado com a escarpa da linha de falha e o vale do rio Campo Belo.

O problema das formas do relevo do planalto, por muitas tomadas como evidências de fenômenos glaciais de altitude durante o Pleistoceno, foi por nós estudado nos seus pontos essenciais. Os fatores climáticos foram considerados de importância secundária, pois os elementos tectônicos são os responsáveis pelos aspectos principais da morfologia, principalmente o intenso diaclasamento que afetou a parte superior da intrusão.

I — INTRODUÇÃO

Nos dias de hoje ainda é consideravelmente grande o interesse geológico pelos corpos de rochas magmáticas alcalinas no mundo. Muitos são os problemas que envolvem a sua gênese, quer seja do magma que lhes deu origem, quer seja das formas intrusivas muito peculiares que na maioria das vezes apresentam.

Muitos são os que têm tratado desses problemas. A gênese do magma alcalino, por exemplo, tem sido o tema para debates entre duas escolas: DALY E SHAND defendendo a assimilação de calcários e BOWEN e GUIMARÃES preferindo a cristalização fracionada para explicar a alcalinidade do magma.

Outros autores ainda nos deram trabalhos já considerados clássicos sobre as maiores ocorrências de rochas alcalinas do mundo: VON ECKERMANN, ELISIEEV, USSING, RAMSAY, FERSMANN e BACKLUND na Europa; SHAND, MARTIN et al., STRAUS e TRUTER na África do Sul; CHAPMAN, KINGSLEY, MODELL e outros nos Estados Unidos.

O Brasil, com mais de uma dúzia de corpos alcalinos (fig. 1) concentrados nas regiões leste e sul (FREITAS, 1944), foi pouco além do estágio de reconhecimento das ocorrências. Poucos são os trabalhos que se destacam na tentativa de aprofundar o problema: PAIVA em Lajes (1933), LAMEGO no Itatiaia (1936), LEINZ em Ipanema (1940), FREITAS em São Sebastião (1947), e mais modernamente ELLERT e BJÖRNBERG em Poços de Caldas (1959), os quais nos deram até o momento o mais completo trabalho sobre o assunto no Brasil. Também GUIMARÃES publicou vários estudos e pesquisas sobre o assunto.

É nossa intenção, neste trabalho, apresentarmos um estudo na tentativa de interpretar os grandes traços da história geológica do maciço alcalino do Itatiaia, à luz de novas observações



Fig. 1 — Região sul do Brasil, mostrando os derrames de basalto e as intrusões alcalinas conhecidas (apud Ellert, modif.)

por nós efetuadas. Para tanto, dispendemos longo tempo em trabalhos de campo, durante as férias escolares e fins de semana, por um período de 2 anos e meio a partir de 1960.

Ao encetar esta empreitada, moveu-nos o interêsse em retomar um problema dos mais interessantes dentro do magmatismo alcalino brasileiro, e que foi tratado pela última vez,

de u'a maneira mais extensiva por um geólogo, no ano de 1936 (LAMEGO, 25)

Depois de decorridos 25 anos dêsse estudo geológico da região, muitos trabalhos foram publicados no mundo sôbre as rochas magmáticas alcalinas, tratando de problemas petrográficos e petrológicos, bem como apresentando novas observações sôbre as formas dos corpos intrusivos.

Sugeriu-nos então o Prof. Viktor Leinz que executássemos um programa de pesquisa no maciço alcalino do Itatiaia, tido como o segundo do mundo em área, para coletarmos novos dados e tornar melhor conhecida a região.

Durante os trabalhos de campo tivemos por companheiro o colega Evaristo Ribeiro Filho, co-autor do mapa geológico, o qual muito contribuiu para o bom êxito do nosso trabalho

Situa-se a região em estudo na fronteira de 3 Estados. Pertence à serra da Mantiqueira e acompanha a fronteira entre Minas Gerais e São Paulo, e depois entre Minas Gerais e Rio de Janeiro. As ocorrências de rochas alcalinas obedecem a uma orientação EW estendendo-se desde as imediações de Cruzeiro e Passa Quatro a oeste, até a cidade de Itatiaia a leste. A norte e a sul acompanham os altos da serra da Mantiqueira, sendo responsáveis pela agressividade da topografia, principalmente a sul, no vale do rio Paraíba. Um corpo menor situa-se entre Floriano e Bulhões, na margem direita do Paraíba, pouco além de Resende (fig. 2)

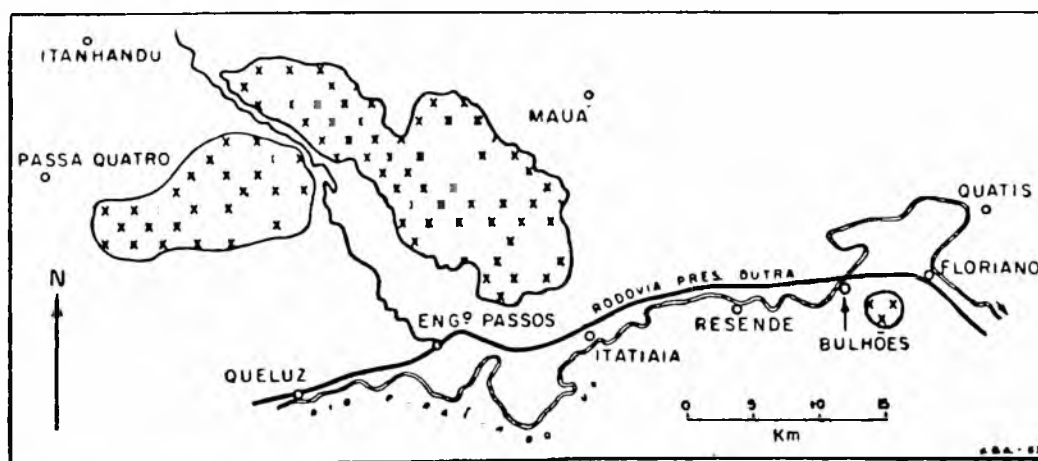


Fig. 2 — Situação dos corpos alcalinos da região do Itatiaia. De oeste para leste: Passa Quatro, Itatiaia e Morro Redondo.

A execução do presente trabalho foi possível graças ao auxílio material da Universidade de São Paulo, Conselho Nacional de Pesquisas e Campanha de Formação de Geólogos (CAGE), aos quais agradecemos. Também nossos agradecimentos ao Dr. Girard de Barros e ao Dr. Antônio Garcia, respectivamente ex-diretor e atual diretor do Parque Nacional do Itatiaia (P N I.), bem como aos Srs. Helio Gouveia e Fernando Ribeiro, funcionários do P N I., pelas facilidades concedidas; ao colega Mauro Ricci pelo auxílio na complementação do mapa, ao Prof. Dr. Fernando F. M. de Almeida, pelas sugestões apresentadas, e ao colega Sérgio Estanislau do Amaral, pela correção do texto, os nossos agradecimentos. Em especial, ao nosso mestre Prof. Dr. Viktor Leinz, Diretor do Departamento de Geologia e Paleontologia, pelo estímulo e orientação segura, a nossa gratidão.

II — TRABALHOS ANTERIORES

A mais antiga descrição do Itatiaia registrada pela literatura é de SILVA (1876), porém a primeira referência geológica é atribuída a LASAULX (1885), o qual tece considerações petrográficas sobre os sienitos da região. Do ponto de vista histórico vale assinalar que esta parece ser a primeira citação conhecida da existência de rochas alcalinas no nosso País. DERBY (1887), excursionando pela região, descreve as rochas como sendo foiaítos de aspecto granítico. fonólito e outras rochas nefelínicas. DUSEN (1905), ao estudar a flora da serra do Itatiaia, dá uma síntese da geologia da região e cita o estudo petrográfico de Backstrom, baseado em 5 amostras colhidas no Itatiaia.

PAES LEME (1923), e MAULL (1930) publicaram breves notas geológicas da região, este último com as primeiras observações geomorfológicas. LAMEGO (1936) foi quem nos deu um estudo mais completo do Itatiaia, sendo este até hoje o mais consistente trabalho apresentado, visando a região como uma unidade geológica, e no qual, além do estudo da fisiografia, área abrangida e petrologia, procura explicar a origem e

a idade do maciço. O relato das primeiras prospecções de bauxita é feito por PINTO (1938). Com DE MARTONNE (1943-44) intensifica-se a fase geomorfológica nos estudos das montanhas do Itatiaia, quando publica na França (1940) e depois no Brasil, as suas idéias a respeito de uma eventual glaciação pleistocênica na região. Estas tiveram seguidores, os quais por várias vezes conduziram o assunto à discussão, tais como SILVEIRA (1942), RUELLAN (1943) e RICH (1953). R. RIBEIRO FILHO (1948) ao estudar o vale do Paraíba, e FREITAS (1951) ao desenvolver novas idéias sobre a tectônica brasileira, fornecem novos subsídios à interpretação do Itatiaia. DOMINGUES (1952) nos deu algumas idéias novas sobre a geologia do maciço, enquanto AB'SÁBER e BERNARDES (1958) alinham uma série de elementos geomorfológicos e tectônicos de valor, dos quais nos valeremos em momento oportuno, dentro deste trabalho. ÖDMAN (1955), foi uma das poucas vozes a levantar-se contra os defensores da glaciação pleistocênica, apoiando-se em argumentos bastante sólidos. MAU e COUTINHO (1959) estudam com pomenores a ocorrência de um veio carbonático, rico em minerais radioativos e terras raras, a única desta natureza até agora conhecida. Recentemente, EBERT (1960) volta a argumentar em favor da presença de evidências glaciais, estudando os depósitos de presumível origem glacial na bacia do rio Prêto, região de Mauá. Finalmente, TEIXEIRA (1961) publica suas observações e conclusões, procurando explicar os padrões de drenagem e a geomorfologia, tomando como base a tectônica e a presença de supostos diques anelares.

III — MÉTODOS DE TRABALHO

A área do maciço alcalino do Itatiaia admitida por LAMEGO era de 1450 km². Em função dessa grande extensão, o nosso campo inicial de pesquisas estendeu-se desde as cidades de Queluz e Resende, até Passa-Quatro, Itanhandu, Itamonte e Mauá. Este fato nos levou a adotar um sistema de trabalho baseado na pesquisa apenas das grandes linhas geológicas, pois a

coleta de pormenores consumiria vários anos de trabalho. Mesmo com relação ao corpo alcalino do Itatiaia tivemos de restringir-nos à observação do que julgamos essencial para uma compreensão dos aspectos gerais da geologia, desprezando alguns dados de detalhe coletados, por serem insuficientes para se tirar conclusões.

Na verdade, o estudo ora apresentado representa um trabalho de pesquisa preliminar, o qual servirá de base para as pesquisas geológicas na região serem conduzidas, de agora em diante, no sentido do refinamento. Cada problema aqui levantado será atacado objetivamente, possibilitando a coleta de dados mais pormenorizados para o seu correto conhecimento, trabalho êsse que ficará à espera de novos pesquisadores.

O mapeamento geológico foi executado tendo como base, em parte, o mapa do P.N.I. na escala de 1:10.000; a sua complementação, apenas planimétrica, foi feita a partir de aerofotografias verticais na escala de 1:25.000 usando-se a triângulação radial semi-corrigida.

Em virtude da topografia acidentada da região e das condições de vôo desfavoráveis, as fotografias aéreas apresentam distorções muito grandes, o que dificultou a preparação do mapa planimétrico.

No Itatiaia a rêde de drenagem é extremamente rica, o que nos levou a não representar boa parte dos cursos d'água menores, a fim de evitar um excesso de linhas no mapa-base.

Nas citações dos nomes das rochas e de certos grupos de minerais, usamos apenas as designações genéricas, o que foi suficiente para desenvolver as nossas idéias. O estudo petrográfico e petrológico detalhado foi executado por E. RIBEIRO FILHO (1964)* em cujo trabalho podem ser apreciadas as denominações de tôdas as variedades petrográficas encontradas na região estudada.

A orientação imprimida aos nossos trabalhos de campo foi no sentido do geral para o particular. Em primeiro lugar efetuamos o reconhecimento da ocorrência das rochas alcalinas

(*) Vide a parte precedente dêste Boletim.

na serra da Mantiqueira, confirmando o desmembramento do maciço do Itatiaia em dois corpos; foi verificada a inexistência de um terceiro corpo a oeste de Passa Quatro, como era suposto.

Na etapa seguinte procuramos verificar a suspeita da existência de rochas alcalinas na serra da Bocaina. Em seguida, após tratar dos 3 corpos alcalinos conhecidos (Itatiaia, Passa Quatro e Morro Redondo), restringimo-nos ao corpo do Itatiaia, no qual, daí por diante, fizemos várias observações de natureza morfológica e tectônica, coletando os dados necessários à elaboração do mapa geológico anexo

IV — GEOLOGIA REGIONAL

Os corpos alcalinos do Itatiaia, fisograficamente pertencem ao sistema montanhoso da serra da Mantiqueira, destacando-se topograficamente na fronteira de Minas, Rio de Janeiro e São Paulo. Despertam a atenção pela imponência de suas saliências rochosas, tendo nas Agulhas Negras e na Pedra do Couto as suas maiores expressões altimétricas. Representam uma intrusão de magma alcalino, cujas rochas logo chamaram a atenção de leigos e geólogos, pelo contraste facilmente observado quando comparadas ao gnaisse do escudo cristalino.

1. **O Gnaisse do Embasamento Cristalino** — A rocha encaixante da intrusão é o gnaisse do embasamento cristalino, repetindo-se aqui o mesmo que se dá com a maioria das manifestações alcalinas no Brasil e no mundo, pois há uma associação freqüente entre os corpos magmáticos alcalinos e as áreas estáveis dos escudos cristalinos pré-cambrianos que os contém. Mesmo nas ilhas oceânicas brasileiras, o magma alcalino atravessa a plataforma cristalina.

A gnaissificação segue uma direção que é constante para a região, qual seja a de N45-70E e mergulho de 40-60S. Foram anotadas algumas leituras com direção NW e mergulho para N, mas são fenômenos locais. Esta atitude dos elementos planares da encaixante está de acôrdo com as grandes linhas tectônicas da região, e sua constância será de grande valia na interpreta-

ção genética do corpo magmático, quando estudarmos o mecanismo da intrusão.

Apesar de considerarmos a petrografia do embasamento em conjunto como sendo gnaisse, é conveniente assinalarmos alguns tipos macroscópicos que foram observados para esta rocha. Sem dúvida predomina o tipo que habitualmente encontramos na serra da Mantiqueira e serra do Mar, onde, ao lado do quartzo e feldspatos, os máficos mais comuns, biotita, anfibólios e piroxênios são facilmente identificáveis. Podem ser examinados ao longo da Via Dutra, estrada Engenheiro Passos-Caxambu e estrada Resende-Mauá.

Encontramos em dois lugares, fazenda Itamar Moreira a NE do maciço do Itatiaia, e proximidades da cidade de Passa-Quatro, um tipo de gnaisse que a rigor se denominaria como gnaisse quartzítico, pois à vista desarmada só podemos identificar quartzo em grande quantidade, ao lado de algum feldspato decomposto. O material claro, tornado friável pelo intemperismo, em tudo lembra um quartzito. Sua extensão é limitada, parecendo tratar-se de intercalações dentro do tipo de gnaisse regional

Um outro tipo de gnaisse que nos chamou a atenção pode ser encontrado na fazenda Penedo e nas terras da fazenda Dois Irmãos, a NNE e NW da cidade de Itatiaia, respectivamente. Nesta última região ocupa uma área avaliada em pelo menos 2 km², incluindo um morro bem destacado e o vale do rio Água Branca. Trata-se de uma rocha com um bandeamento proeminente, destacando-se cristais de quartzo e feldspato deformados por esmagamento, rotação e recristalização, adquirindo aparência lenticular. O aspecto bandeado acentua-se pela grande riqueza em minerais máficos (30%) bem formados (biotita, hornblenda e augita) que atigem até 5mm, e em tudo sugerem um enriquecimento metassomático com material fornecido pelo magma alcalino.

2. **As Rochas Alcalinas** — Cronologicamente, segue o objeto principal destes estudos, os corpos ígneos alcalinos (vide

mapa geológico e fig. 2) A sua petrografia é pouco diversificada, se considerarmos as unidades mapeáveis.

Em toda a periferia, onde predominam as altitudes mais modestas, as rochas podem ser, em conjunto, classificadas como nefelina-sienito e foiaito, de cor cinza característica. A presença da titanita euhédrica é constante, enquanto a sodalita macroscópica só foi encontrada a noroeste do Hotel Simon; pseudo-leucita foi observada nos blocos rolados do Rio Santo Antônio bem como num dique brechóide a 1 km a norte do Hotel Monte Parnaso. É grande a variabilidade textural, encontrando-se por vezes numa distância de 50m, variações desde a fácies pegmatóide até a microcristalina. Na estrada que vai da administração do P.N.I. ao retransmissor da televisão Tupi, canal 6, ocorrem afloramentos com cristais centimétricos de feldspato e biotita, e concentrações de 40% de nefelina rosada.

Na parte superior do maciço do Itatiaia, também conhecida por planalto, encontramos mais dois tipos petrográficos: rochas alcalinas quartzosas de composição variada e uma brecha magmática, provavelmente de conduto. Os quartzo-sienitos ocupam a maior parte do planalto, abrangendo uma área de contorno grosseiramente elíptico, e alongada na direção NW. A abundância do quartzo é maior na região das Agulhas Negras e abrigo Rebouças, diminuindo gradativamente para a periferia da região. Em uma pequena mancha, a sudeste do abrigo Rebouças, o quartzo-sienito passa a granito alcalino.

A brecha magmática, associada geneticamente a rochas alcalinas de textura traquítica, porfírica e afanítica, ocupa a região noroeste das Agulhas Negras, na bacia hidrográfica do rio Aiuruóca. Diques de tinguaito afanítico e porfírico foram assinalados com frequência dentro do maciço alcalino e na encaixante periférica.

Para situarmo-nos no tempo geológico, adiantamos que os autores dão para as rochas alcalinas do Itatiaia idade Jura-Cretácea *

* Vide rodapé pág. 79.

3. **Sedimentos Terciários de Resende** — Na sua parte sudeste as rochas magmáticas entram em contacto com os sedimentos pertencentes à bacia terciária de Resende. Estes sedimentos sofreram, na região ocidental, a interferência dos depósitos de talude, que derivaram das encostas do maciço, inclusive um “cone aluvional” entre as cidades de Itatiaia e Engenheiro Passos, provavelmente ligado geneticamente ao vale do rio Campo Belo. Esse tálus, que pode ser muito bem observado no km 162 da Via Dutra e na estrada para o P.N.I., deve estar mascarando o contacto entre o gnaisse e os sienitos, e ainda interferindo na seqüência sedimentar, o que nos leva a acreditar que a deposição do tálus foi contemporânea com a bacia de Resende. O material que descia das encostas da serra por gravidade chegava até o lago, sendo em parte selecionado e estratificado, motivo pelo qual a passagem dos sedimentos típicos da bacia para o tálus é indefinida.

4. **Aluviões do Rio Paraíba** — Não muito além dos sedimentos terciários, no rumo sul, estão os depósitos aluvionares quaternários do rio Paraíba, que divaga mansamente por entre colinas de gnaisse, e mais a leste penetra na bacia sedimentar de Resende.

V — OS CORPOS INTRUSIVOS DA PROVÍNCIA ALCALINA DO ITATIAIA

O nome popular de Itatiaia refere-se a um planalto agreste, alto e frio, onde domina a elevação das Agulhas Negras. É o “penhasco cheio de pontas” (Ita-ti-ai) dos nossos índios tupís, segundo DOMINGUES (1952, p. 463)

Para o geólogo, Itatiaia sugere uma expressão mais ampla, onde vários corpos magmáticos alcalinos, encaixados no embasamento cristalino e afetados por fenômenos tectônicos, vão constituir uma “província” geológica.

São 3 os corpos de rochas alcalinas da região: Itatiaia, Passa Quatro e Morro Redondo (fig. 2)

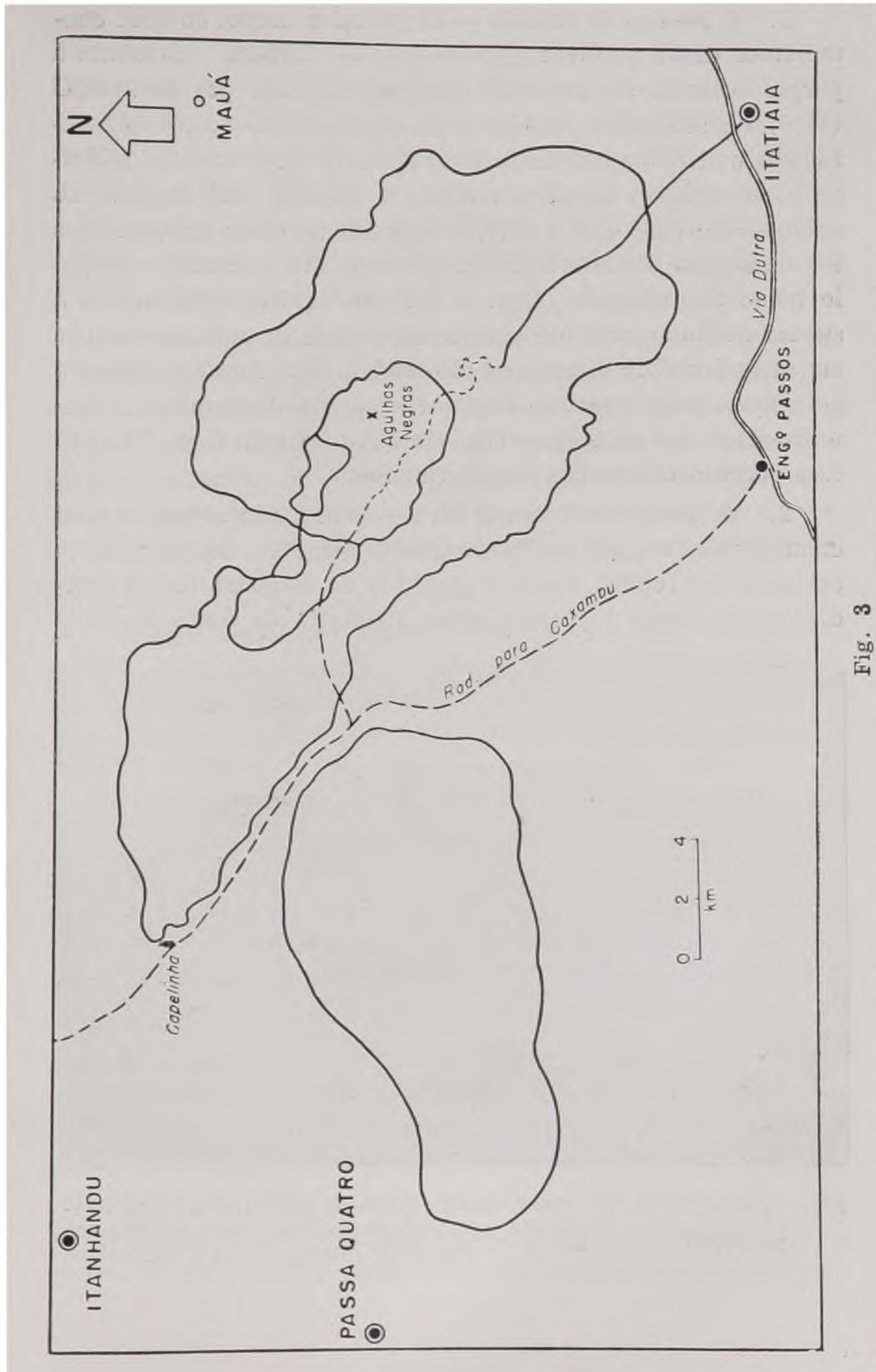


Fig. 3

1. **O Maciço do Itatiaia** — O primeiro corpo, ao qual chamaremos daqui por diante de maciço do Itatiaia, representa a porção oriental do corpo alcalino apresentado por LAMEGO (1936) no seu mapa geológico da região. Este autor considerava a massa magmática principal como sendo contínua desde as imediações da atual cidade de Itatiaia “até os picos ao norte de Lorena” (25, p. 17), a chamada serra de Queluz. Mas foi observado por AB' SÁBER (1958, p. 130) e confirmada pelo nosso mapeamento (figs. 3 e 9) que existe, pelo menos à superfície, uma faixa de gnaiss separando as rochas alcalinas em duas áreas de dimensões diferentes. Esta faixa gnáissica é percorrida pela rodovia Engenheiro Passos-Caxambu, e drenada pelos rios do Salto e Capivari. A partir do Cap. VI, será esse corpo o objeto dos nossos estudos.

2. **O Maciço de Passa Quatro** — O segundo corpo, ao qual chamaremos maciço de Passa Quatro (fig. 4), ocupa a parte ocidental da região, desde a garganta do Registro até as imediações do túnel por onde passa a estrada de ferro da Rêde



Fig. 4 — O corpo de Passa Quatro visto das imediações das Prateleiras. À direita, em primeiro plano, parte da escarpa Couto-Prateleiras. A depressão intermediária é de gnaiss.

Mineira de Viação, ligando Cruzeiro a Passa Quatro. Este limite ocidental ficou por nós bem estabelecido, e vem contrariar o exposto por LAMEGO e também por AB'SÁBER E BERNARDES. Estes dois últimos autores deram (1958, p. 130) como limite das alcalinas a oeste, a garganta do Embaú. Pelo que pudemos interpretar, referiam-se eles à depressão morfológica da serra da Mantiqueira, por onde passa hoje a estrada ligando Lorena a Itajubá.

E' um corpo de contorno "elíptico", com algumas irregularidades, e acompanha a crista da Mantiqueira, a norte de Queluz e nordeste de Lavrinhas, pelo lado paulista, a sudeste de Passa Quatro e sul de Itamonte pelo lado mineiro. Ocupa uma área aproximada de 110 km² e sua seqüência de elevações tem picos que se aproximam dos 2.500m, principalmente na parte leste, onde se destacam o pico dos Três Estados e o Cupim de Bói.

O tipo petrográfico é uniforme em quase toda a região percorrida, ou seja, um nefelina-sienito de granulação centimétrica, rico em anfibólios, titanita e nefelina. Este feldspatóide constitui a principal diferença macroscópica com relação às rochas do maciço do Itatiaia, pois são de um cinza escuro característico. Os feldspatos também apresentam um aspecto peculiar, pois ocorrem nas côres cinza e branca, achando-se presentes na mesma rocha, conferindo-lhe uma aparência variegada. Rochas porfíricas e afaníticas também são encontradas, mas em áreas restritas. Nordmarkito ou quartzo-sienito não foram encontrados. Percorrendo a nova estrada que sai do Engenho da Serra, no km 32 da rodovia Engenheiro Passos-Caxambu e que vai até as proximidades de Passa-Quatro, podemos ter uma visão melhor deste corpo intrusivo.

3. O Morro Redondo — O Morro Redondo, já conhecido em 1936 e mencionado por LAMEGO (1936), localiza-se nas proximidades de Resende, entre as cidades de Bulhões e Floriano. Acha-se aproximadamente a 30 km a leste do maciço do Itatiaia. É um pequeno corpo de forma grosseiramente circular,

e com área pouco maior que 5 km², situado dentro da fazenda Buenos Aires. Sua elevação máxima alcança 840m enquanto sua base está a 425m, em contacto com os sedimentos de Resende. Os afloramentos da rocha "in situ" são de difícil acesso, mas são abundantes os blocos rolados, alguns com vários metros de diâmetro. A litologia é em tudo semelhante àquela das imediações da sede do P.N.I. Apenas a titanita é pouco abundante, por vezes de um amarelo-limão. A biotita é rara e a nefelina, numa proporção até de 15-20% é rosada, porém tendendo ao cinza, o que a diferencia daquela do P.N.I., que é de um rosa carregado.

Parece pouco provável que o Morro Redondo estivesse intimamente ligado ao corpo do Itatiaia, pois é significativa a distância de 30 km que os separa. Deve ser um "stock" ligado à fonte magmática comum, e que foi afetado pelo falhamento ocorrido após a consolidação. Encontra-se dentro do vale do Paraíba, obrigando o rio a contorná-lo, fazendo uma curva para o lado norte do vale. Está localizado, com respeito ao clima e topografia, em condições muito apropriadas para o desenvolvimento de bauxito. E é o que realmente acontece. No seu topo e também nos flancos, o solo e grande parte dos blocos menores são bauxito típico.

Com respeito à ocorrência de minério de alumínio proveniente da alteração das rochas alcalinas, a sua presença já foi assinalada em 1938 por PINTO. Analisou amostras provenientes da região do depósito de talude (pág. 86), próximo à cidade de Itatiaia.

Atualmente está em início de exploração um depósito de muito boa qualidade, localizado nas encostas do corpo de Passa Quatro, nas imediações da cidade do mesmo nome. É produto de alteração de blocos rolados.

Descobriu-se há pouco, bauxito proveniente da rocha "in situ" abaixo da cota de 1200m, também no lado oeste do corpo de Passa Quatro.

4. Pesquisa de Outros Eventuais Corpos — Os fatos acima mencionados, bem como uma observação original de DER-

BY (1887, p. 460) nos levaram a considerar a hipótese da existência de um 4.º corpo, o qual ocuparia o extremo ocidental da área, entre o túnel da Rêde Mineira de Viação e a garganta do Embaú. Foi feito um reconhecimento nas imediações do pico do Itaguaré e nascentes do rio Lourenço Velho, mas foi constatada somente a presença de gnaiss. Da mesma forma, é de gnaiss o pico dos Marins (TEIXEIRA, 1961)

No nosso plano de trabalho incluímos ainda a pesquisa de um eventual corpo alcalino na serra da Bocaina, seguindo uma clara indicação fornecida por DERBY (1887, p. 457). No reconhecimento expedito realizado não se encontrou nenhum indício da presença das rochas alcalinas. Verificamos apenas a intrusão no gnaiss regional, de alguns diques de diabásio, variando as espessuras de 1 a 15m. O funcionário do P.N.I., Jorge Spaner, velho conhecedor da região, assegurou-nos que “nunca foi visto foiaíto nos campos da Bocaina”. DERBY baseou-se em uma amostra que lhe foi trazida pelo Diretor do Museu Nacional, e talvez coletada nas imediações da localidade de Bocaina, hoje Cachoeira Paulista. Parece-nos ter havido confusão envolvendo o nome da vila e da serra.

Essa nossa suposição, porém, não invalida a possibilidade de serem encontradas rochas alcalinas na serra da Bocaina, mesmo porque a nossa verificação de campo foi apenas superficial.

5. A Área de Ocorrências das Rochas Alcalinas — Na época em que LAMEGO estabeleceu a área do Itatiaia, a qual foi válida até os dias atuais, as possibilidades de penetração eram muito limitadas. Na realidade, foi efetuado apenas um reconhecimento. E acrescentam-se ainda dois fatos importantes que muito pesaram na fixação do valor da área: não foram levados em consideração os depósitos de talude e a imensa quantidade de blocos rolados de todos os tamanhos, mascarando os contatos. Por outro lado, as inferências foram por demais generalizadas, tomando como base os grandes aspectos da topografia, considerando como rochas alcalinas vastas porções de

gnaisse, sem considerar, inclusive, a descontinuidade entre os dois corpos principais.

De nossa parte foi desenvolvido um programa pormenorizado de circunscrição das rochas alcalinas. As imprecisões, que sem dúvida estão presentes, se devem em grande parte à dificuldade na obtenção de mapas e a inexistência de fotos aéreas do corpo de Passa-Quatro. O fato da região em estudo pertencer ao mesmo tempo a 3 estados, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, vem aumentar esta dificuldade.

Assim, ao final, chegamos a um cálculo aproximado de 335 km² para a totalidade das rochas magmáticas que afloram dentro da "província alcalina" do Itatiaia, o que ainda é pouco menos da quarta parte da estimativa feita por LAMEGO em 1936. Esse autor dava para o Itatiaia uma área de 1450 km². Assim, em vez do pretendido 2.º lugar entre os corpos alcalinos mundiais, estaremos talvez colocados além do 6.º lugar. O corpo do Itatiaia conta com 220 km², enquanto Poços de Caldas ocupa uma área de 800km².

VI — O CORPO ALCALINO DO ITATIAIA

1. **Sua Localização e Acesso** — O corpo chamado por nós maciço do Itatiaia, e que será daqui por diante o objeto do nosso estudo, está compreendido entre os meridianos de 44° 34'W e 44° 50'W, e os paralelos de 22° 18'S e 22° 29'S. As Agulhas Negras, seu ponto mais conhecido e situado no coração do maciço (fig. 5), estão assim localizadas: 44° 40'W e 22° 23'S. Tais dados baseiam-se nos mapas da Academia Militar das Agulhas Negras, de Resende.

O maciço do Itatiaia pertence aos Estudos de Minas Gerais e Rio de Janeiro, em partes equivalentes. A fronteira segue pelo divisor de águas, passando pelo Registro e Brejo da Lapa, até as Agulhas Negras. Desce em seguida para a várzea do rio Prêto e toma as cabeceiras do mesmo rio, que daí por diante será o limite estadual.



Fig. 5 — Agulhas Negras: vista tomada de um ponto a oeste do pico. Destacam-se as caneluras e as diáclases verticais e horizontais. Em primeiro plano, o “mar de blocos”.

Conjugam-se a mata e a serra para dificultar a exploração da região. Graças, porém, à iniciativa do P.N.I. de incrementar o turismo, e graças à atividade dos produtores de carvão, é possível hoje a penetração na zona das rochas alcalinas. Mesmo assim as vias de acesso da região são poucas. As que apresentam leito carroçável são apenas duas: a estrada que sai do km 26 da rodovia Engenheiro Passos-Caxambu e conduz ao planalto, e a estrada que sobe da cidade de Itatiaia, passa pela administração do P.N.I. e vai até o abrigo Macieiras, derivando também para o transmissor da televisão Tupi, canal 6. Usando-se a montaria, pode-se ir do abrigo Macieiras ao abrigo Massena, e dêste para as Agulhas e para o abrigo Rebouças. no planalto, ou ainda descer pela fazenda do Couto e sair no km 12 da rodovia Engenheiro Passos-Caxambu. Partindo da vila de Mauá, a NE do maciço, alcança-se o planalto e o abrigo Rebouças por trilha de cavaleiros, entrando na região alcalina próximo ao barraco de Mauá. Recentemente foi aberto ao tráfego de jeep o caminho que sai do km 11,4 da estrada para o planalto e se dirige para Serra Negra e vale do Aiuruóca. Através de trilhas, esta estrada vai se unir com outras que dão ligação com a Vargem Grande, Brejo da Lapa e Capelinha. Outros pequenos caminhos permitem chegar às fazendas no pé da serra, no vale do Paraíba.

2. As elevações e a Drenagem — As Agulhas Negras, com 2787m de altitude, dominam o planalto do Itatiaia, no qual as elevações oscilam próximo aos 2300-2500m. Em 2.º lugar destaca-se a Pedra do Couto, com 2682m, vindo a seguir o pico do Maromba, com 2607m (fig. 6) Em 4.º lugar está a elevação da Serra Negra, na margem direita do rio Aiuruóca, com 2560m. As Prateleiras (fig. 7) colocam-se em 5.º lugar com 2515m. Com exceção das Agulhas Negras, todos os demais circundam a zona do planalto. Com o nome de planalto os moradores da região denominam a parte superior do maciço, onde uma grande área “plana” é circundada por elevações bem destacadas. Distanciando-se do planalto, aparecem pelo menos 3 elevações bem conhecidas. A oeste, a Pedra Furada, com altitude esti-



Fig. 6 — Fotografia tomada de um ponto a norte do abrigo Massena (pósto meteorológico): à esquerda, o pico do Marombas; ao centro o Leão, onde a grande estrutura anelar se bifurca, dando o espigão que vai aos picos dos Dois Irmãos (à direita).



Fig. 7 — As Prateleiras, vistas do seu lado nordeste destacando-se o diaclasamento e a formação de matacões.

mada acima de 2500m; na região leste, os Dois Irmãos, com aproximadamente 2400m, e os Três Picos, com pouco além de 1700m.

Dos altos do Itatiaia descem as águas correntes dispersadas por êste divisor, e que buscam duas bacias distintas: a do rio Paraíba e a do rio Grande (fig. 8). O rio Prêto drena a área NE do maciço, e deságua no rio Paraíba. No rumo SE desce o mais importante dêles, o rio Campo Belo, cujo formador principal é o ribeirão das Flôres, que acompanha o vale dos Lírios. Já no setor SW destaca-se o rio do Salto, cuja drenagem abrange desde as Prateleiras e Pedra do Couto até o Registro e parte do corpo de Passa Quatro. Êste curso demarca a fronteira Rio de Janeiro-São Paulo, e como os demais citados, desemboca no rio Paraíba. Na região NW o rio Capivari drena grande parte do “esporão” da Capelinha e se dirige para o rio Verde, formador do rio Grande. O rio Aiuruóca nasce na várzea do mesmo nome, e dirige-se para o rio Turvo, formador do rio Grande. Outros cursos d’água, de importância menor,

são encontrados. Alguns dêles estão assinalados no mapa da figura 8.

Tôdas estas correntes têm em comum o fato de serem radiais com respeito ao mesmo divisor de águas; os seus cursos são encachoeirados, apresentando perfís que denotam juventude e grande energia no trabalho de erosão e transporte, principalmente no lado sul do maciço, onde a queda topográfica para o vale do Paraíba é muito mais acentuada do que o declive para a região sul de Minas Gerais. Os grandes traços que caracterizam êste sistema de drenagem são comandados por fenômenos tectônicos, dos quais nos ocuparemos em momento oportuno (cap. VIII)

3. **Condições Climáticas da Região** — O aspecto atual do Itatiaia, com a sua morfologia realmente impressionante, sem dúvida está também intimamente ligado às condições climáticas reinantes naquelas altitudes. Veremos na parte final dêste trabalho, no entanto, que os fatos se dão de modo bem diverso daqueles preconizados pelos geomorfólogos estudiosos da região. Por ora limitar-nos-emos a alinhar apenas as observações cabíveis nesta oportunidade.

As chuvas são intensas principalmente no verão, com precipitação anual acima de 2400mm (BRADE, 1956). Durante dias seguidos as nuvens envolvem a crista da serra. Do fim de abril ao início de outubro, as chuvas são muito escassas, propiciando um inverno pobre em precipitações. Nos frios meses de junho e julho a umidade relativa do ar mal ultrapassa 70% em média. Sucedem-se a névoa sêca, o dia claro e ensolarado ou a fria ventania com rajadas de até 70 km/hora.

No planalto do Itatiaia a média anual da temperatura vai pouco além de 11°C, tendo como média mensal 14°C em fevereiro e média mensal de 8°C em julho (BRADE, 1956). Nas noites mais frias dêste mês se têm registrado -6°C. Nessas ocasiões o gêlo chega a ser conservado durante todo o dia nos lugares protegidos pela sombra.

Quanto à flora a região se divide em 3 partes: os campos tropicais, abaixo dos 600m; a mata tropical e subtropical, en-

tre 600 e 2100m; e daí para cima, os campos do planalto, “paisagem que não pode deixar de ser considerada como sub-alpina” (BARTH, 1956) Nêle dominam a **Chusquea pinifolia**, espécie de pequeno bambu conhecido por Crisciuma bengala, e a **Cortadeira modesta**, espécie de capim que cresce em moitas fechadas, e batizada com o nome de “cabeça de negro” Ambas as plantas dificultam grandemente a locomoção através da área do planalto. Nas partes mais baixas e úmidas, nas orlas das várzeas e nas depressões planas a **Cortadeira** cresce em formações densas e quase puras, originando um solo turfoso prêto.

4. **A Forma do Corpo e o Traçado dos Contatos** — O corpo alcalino do maciço do Itatiaia tem uma forma irregular, longe de encontrar analogia com os tipos dos corpos tradicionais citados na literatura geológica, que tendem para as formas arqueadas e circulares. No presente caso a intrusão é alongada, seguindo uma direção NW Observando-se o mapa geológico pode-se ver que existe um estrangulamento na parte média da área alcalina, graças à irregularidade pronunciada da linha de contato sienito-gnaiss do setor N, quase isolando o “esporão” NW da Capelinha. O contato no flanco SW é grosseiramente retilíneo, com algumas reentrâncias e saliências. O extremo NW fecha-se de modo brusco, dando um aspecto agressivo a esta protuberância. Por outro lado, o extremo SE dêsse maciço alongado tem contôrno suave talvez pela cobertura do depósito de talude que aí ocorre. Uma observação mais atenta do mapa geológico também nos mostra que o arco descrito pelo contato a norte das Agulhas Negras encontra em oposição um esbôço de arco no lado sul, na zona de drenagem dos ribeirões do Carapato e Itatiaia.

Acreditamos que a irregularidade do corpo seja mais uma consequência da topografia, pois o relêvo acidentado nos dá uma falsa impressão do contôrno da intrusão. No países do hemisfério norte, muitos dos corpos alcalinos foram arrasados pela erosão glacial quaternária, e exibem hoje contornos

bastante regulares. Na África do Sudoeste, o efeito da erosão produziu o mesmo resultado.

Na demarcação do contato da intrusão, executou-se um programa que aproveitou as melhores possibilidades de acesso, incluindo trilhas de caçadores e picadas ao longo de rios. O traçado do contato entre o gnaiss encaixante e a rocha magmática foi efetuado de um modo relativamente seguro na maior parte do contorno. Inúmeras vezes a linha divisória foi cruzada e localizada com precisão apreciável, com a passagem de uma para outra litologia se fazendo de modo evidente, no intervalo que, em muitas ocasiões, não vai além de algumas dezenas de metros.

A visão direta dos contatos foi impossibilitada pela presença constante de vegetação espessa, associada a um intemperismo químico pronunciado. Também os blocos rolados, por vezes avançado até quilômetros sobre o gnaiss ajudam a mascarar os limites entre as rochas. E ainda, como decorrência das próprias condições genéticas, os contatos são linhas naturais de fraqueza, fáceis de serem trabalhadas pelas águas correntes, que nela entalham seus vales. As extrapolações maiores fizeram-se necessárias no setor leste, na região drenada pelos rios Marimbondo, Santo Antônio, Pirapitinga e ribeirão das Pedras, onde se destacam as elevações dos Três Picos e Dois Irmãos. A zona é coberta por mata densa, a topografia é acentuada e os rios são encachoeirados, com leito coalhado de blocos de todos os tamanhos. Algumas vezes foram necessárias extrapolações de centenas de metros, tendo sido estas efetuadas na maioria dos casos na área do maciço de Passa Quatro.

Nestas circunstâncias, foi traçada a linha do contato tendo em seu apôio dois fatos significativos: 1.º O corpo alcalino resalta-se topograficamente, após acentuadas rupturas de declive nas imediações ou coincidindo com o contato, o que foi constatado em alguns casos. 2.º Através das fotos aéreas, numa visão vertical do conjunto, a intrusão alcalina se destaca ainda em função da atuação do relêvo, pois com o realce topográfico há mudança na vegetação, perceptível na textura das

fotos; da mesma forma, a atividade humana de desmatamento não ultrapassa a meia encosta da serra, onde começam as intrusivas.

No interior do maciço, foram assinaladas durante o mapeamento duas áreas bem distintas: as rochas quartzosas e a brecha magmática. Cada uma delas merece uma observação particular, pois na sua demarcação estiveram sujeitas a situações diferentes. A brecha tem vários pontos bem estabelecidos onde ela passa em definitivo para os sienitos. De outra parte, muitos setores são de acesso praticamente impossível, levando-nos a sugerir apenas o provável contato, baseados em interpretações subjetivas. As rochas quartzosas, por seu turno, não têm contato definido. Gradativamente a porcentagem de quartzo vai diminuindo quando se afasta do centro geométrico do planalto. A curva dêsse decréscimo não é uniforme. E as áreas planas, úmidas e turfosas do planalto cobrem em parte a zona de transição. O núcleo de rocha alcalina quartzosa da cúpula do maciço constitui fato de há muito conhecido, porém a indicação dos seus eventuais limites representa mais a nossa intenção de destacar esta variedade litológica. Os seus contatos devem ser encarados com a devida reserva, pois mesmo a certa distância desta área poder-se-á constatar a presença do quartzo

Contudo, no caso de ambas as unidades petrográficas, a indicação da forma e da posição relativa são válidas.

5 — **As Rochas Quartzosas do Planalto** — O nordmarkito, o quartzo-sienito e o granito alcalino (E. RIBEIRO FILHO, 1966), são rochas constituídas de feldspatos micropertíticos, quartzo em proporções até 27%, titanita, anfibólios, magnetita, apatita. Por vezes são cortadas por veios de quartzo microcristalino ou abrigam geodos com cristais bem formados do mesmo mineral. A granulação dos seus componentes raramente ultrapassa 5mm, porém em locais mais restritos, como próximo à Pedra do Couto, aparecem áreas pegmtóides, com cristais de feldspato alcançando até 4 cm. A granulação mais fina é en-

contrada entre o abrigo Rebouças e a “ponta da estrada”, no sentido das Prateleiras. São freqüentes os diques, com espessura entre 5 e 30 cm, constituídos do mesmo nordmarkito, com textura sacaróide.

Os dois pontos de maior altitude são constituídos de nordmarkito: as Agulhas Negras, no centro do planalto, e a Pedra do Couto, a sudoeste. Mas as duas elevações que vêm logo a seguir, e que pertencem ao cume do maciço, são constituídas de sienito nefelínico: serra do Maromba e serra Negra (Vide perfís das figs. 9 e 10)

O relêvo dos altos do Itatiaia, o qual tem sido motivo para discussões, foi entalhado essencialmente nesses tipos de rochas quartzosas, originando formas topográficas escarpadas e agrestes, “mares de blocos” depressões planas e charcos, em cujas origens está uma complexa associação de fenômenos da dinâmica externa e tectocismo. Este assunto será comentado no final do trabalho.

VII — BRECHA MAGMÁTICA

1. **Os Corpos de Brecha e a Extensão da Ocorrência** — Em nosso mapa geológico o nome de brecha magmática (FISHER, 1958) foi aplicado ao tipo litológico que ocorre em duas áreas próximas entre si, desiguais em dimensões e que constituem um dos mais sugestivos problemas surgidos durante o trabalho. Usamos para as rochas dessas duas áreas o nome de brecha magmática, mas na verdade trata-se de uma ocorrência de vários tipos de rochas alcalinas de granulação fina, apresentando zonas com diferentes graus de mistura com fragmentos de rochas alcalinas. A denominação genérica foi usada pelo fato da brecha típica e as demais variedades de rochas pertencerem à mesma fase e ao mesmo processo genético, e ser difícil a sua separação.

Trata-se de verdadeira fácies brechóide dentro de uma destacada manifestação de rochas alcalinas do grupo do tinguaito e traquito. Estimamos que 30% da área apresenta concentrações

de material triturado*, cujas características e comportamento no campo já foram estudadas por PENALVA (1962) Lembremos apenas que a passagem da brecha para as rochas sem mistura se faz de maneira gradativa, num intervalo de poucos metros até menos de 1 metro. Em nenhuma ocasião observou-se qualquer indício de uma continuidade horizontal, que pudesse nos levar a pensar em tufos soldados ou qualquer outro depósito piroclástico, como aquêles citados por BJÖRNBERG (1959, p. 93) em Poços de Caldas, por PARSONS em Wyoming (1960) e por ROSS e SMITH (1961) As áreas contendo fragmentos não apreesntam indícios de serem corpos tabulares, pois desaparecem gradativamente em tôdas direções.

As duas áreas de brechas, separadas por uma distância inferior a 1 km, têm formas semelhantes e apresentam-se alongadas na direção NW, em concordância com a intrusão no seu todo. A maior, do lado oeste, e a menor a leste, têm 7 km² e 3 km² respectivamente. O traçado do contado sudoeste do corpo maior poderá ser posto em dúvida, devido ao desempenhadeiro em que se lança. Mas a ausência de matações do seu tipo litológico nas nascentes do rio Palmital nos levou a imaginar como sendo pouco extensa sua penetração para o sul.

Estão as brechas colocadas assimètricamente dentro do maciço, deslocadas para as proximidades da linha de contato do setor norte. Em dois pontos o contato com o gnaisse se faz pela brecha, de forma indubitável em um dêles, nas proximidades do curral.

Além da descontinuidade física, existem também sensíveis diferenças nos seus caracteres macroscópicos. A abundância das zonas brechóides é muito mais acentuada no corpo oeste. Da mesma forma, essas zonas são mais amplas e ricas em elementos englobados, quer pelo número, quer pela variedade. No pequeno corpo leste a matriz é sempre escura, num tom cinza carregado, por vêzes mascarando os fragmentos, e com

(*) No mapa geológico, as áreas ricas em material triturado estão assinaladas com Br.

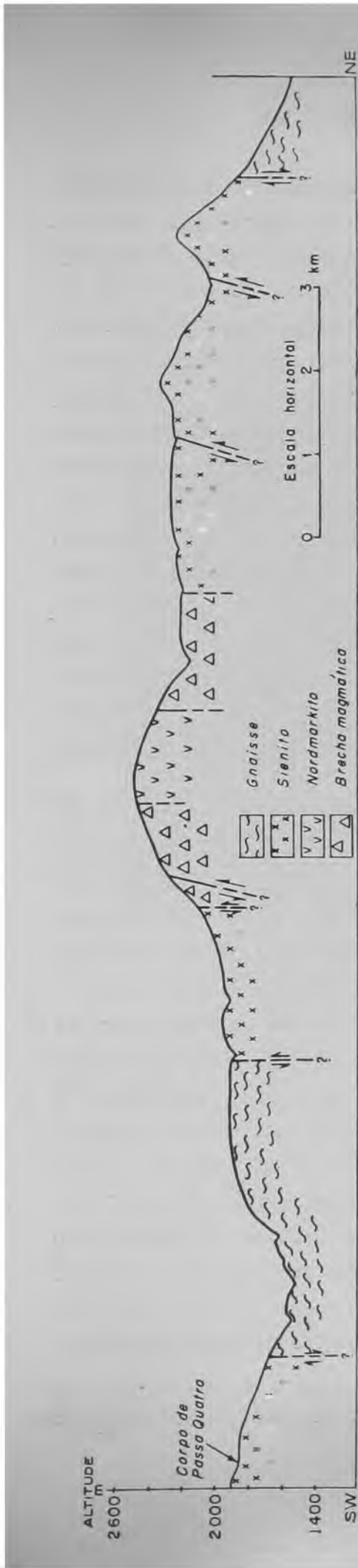


Fig. 9 — Seção SW-NE, indicada por G-H no mapa geológico anexo.

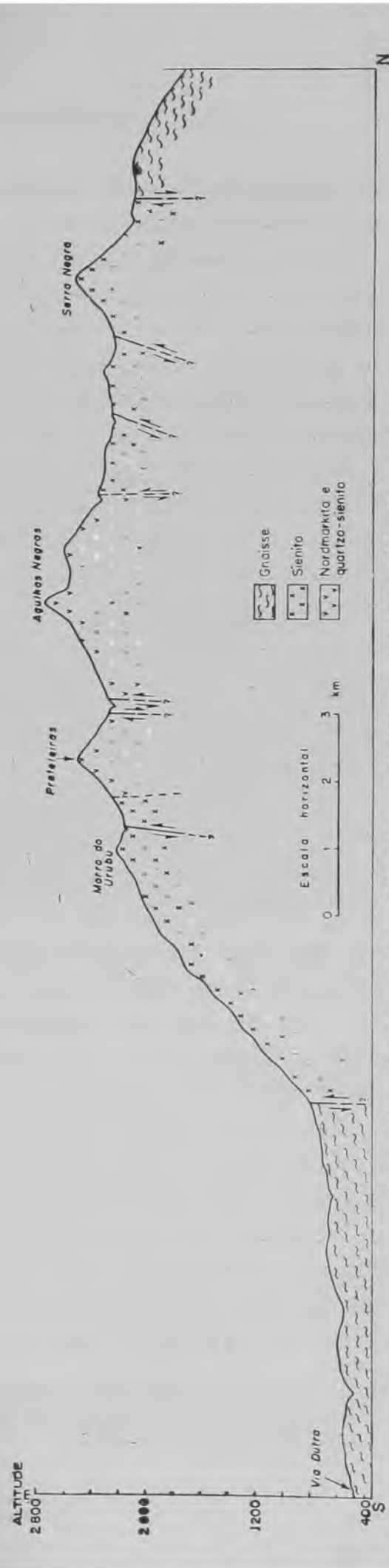


Fig. 10 — Seção N-S, indicada por C-D no mapa geológico anexo.

muitos afloramentos exibindo estruturas fluidais desordenadas; a clorita não foi observada.

Merece também sejam lembradas outras três pequenas ocorrências de brecha magmática. A primeira se manifesta na extremidade NW do maciço, em uma área bastante restrita, situada no leito do rio Capivari, próximo à sua saída do campo das rochas alcalinas. Em tudo se assemelha à dos dois corpos maiores. Predomina a rocha de granulação fina, afanítica ou visivelmente porfírica, em mistura com proporções variáveis de fragmentos de rochas alcalinas finas de dimensões até 5 cm. Também estão presentes 3 diques verticais de tinguaito, com espessura inferior a 50 cm e direção N85E, bem como um pronunciado diaclasamento N25E. A segunda ocorrência se localiza 1,5 km acima do Hotel Monte Parnaso, a norte do Hospital Militar. A matriz é escura, os fragmentos são raros, destacando-se belos cristais brancos de pseudo-leucita. A terceira ocorrência localiza-se no km 36 da rodovia Engenheiro Passos-Caxambu (vide pg. 144)

Percorrendo-se a área das brechas, nos locais onde não houve mistura da rocha com fragmentos nota-se grande variedade quanto aos seus aspectos texturais. Traquitos submilimétricos de cor cinza-esverdeado, com manchas alongadas de concentrações de clorita são vistos no início do caminho de carvoeiros de Serra Negra, bem como em direção à divisa do P.N.I., o assim chamado portão*, no km 12 da estrada para as Agulhas. Nesse mesmo afloramento do portão, o traquito aparece também com aspecto uniforme, sem clorita evidente. E ainda nesse e em outro afloramento próximo ao km 13, a rocha se apresenta como um tinguaito porfírico, com a matriz cinza-carregado e fenocristais de feldspatos que chegam a ultrapassar 1 cm, às vezes exibindo algum alinhamento. É este o tipo mais abundante dentro da litologia dos corpos de brecha, e pode ser visto na maior parte de descida para a Vargem Grande. Alterna-se, no campo, com os tipos microgranitóides sem feno-

(*) Os moradores da região chamam de portão à divisa do Parque Nacional Itatiaia, no ponto em que é atravessada pela estrada que leva às Agulhas Negras.

cristais de feldspatos. Nos altos da Pedra Furada (fig. 11) a rocha apresenta granulação quase centimétrica, com grãos de quartzo bem visíveis, o que não é habitual na litologia da área



Fig. 11 — Pedra Furada (região da brecha magmática). Ao centro, a estrada para as Agulhas Negras e o caminho dos carvoeiros (saindo para a direita). A vista foi tomada pouco a oeste da Pedra do Couto.

da brecha. Mas a presença do quartzo foi ainda observada por duas vèzes no trecho onde a estrada para o planalto corta a região das brechas e pouco antes de se atingir o curral, no sentido descendente. Nos vários pontos onde caminhos e trilhas atravessam a região do contato entre as brechas e demais rochas, nada existe que mostre uma passagem brusca de uma litologia para outra. Não se observou nenhuma evidência clara de injeção forçada, mas sim uma passagem gradual, por aumento da granulação.

Somadas as duas áreas onde a brecha magmática ocorre, temos um total aproximado de 10 km². Na literatura consul-

tada, os exemplos de brechas magmáticas apresentam-se ora como os diques clásticos de Blairsden, Califórnia (DURRELL, 1944), ora como os corpos tabulares irregulares, ligados a tufo, edifícios vulcânicos ou explosões em zonas de caldeiras de Wyoming (PARSONS, 1960). O exemplo mais sugestivo de brecha magmática é dado por GATES (1959) ao estudar os "pipes" de Shohone Range, onde 3 corpos próximos e associados perfazem pouco mais de 3 km². Se as zonas de brecha e rochas hipoabissais puderem enquadrar-se entre aquelas pertencentes à intrusão do tipo "pipe", estaremos diante de uma significativa ocorrência desse tipo de intrusão magmática no Brasil, em cujo território, o único provável exemplo semelhante conhecido foi descrito por LAMEGO em Mendanha, Guanabara.

2. **Estruturas Fluidais** — Parece não haver dúvida que a brecha magmática que aflora no Itatiaia não tem origem extrusiva. Pelas observações feitas e já expostas, conclui-se que essa unidade rochosa forma um corpo intrusivo, com afloramentos presentes entre os níveis de 2500 (Pedra Furada) e 2000m (na descida para a Vargem Grande). Tivemos em mente colher os elementos que nos esclarecessem sobre as condições em que se deu a injeção dos corpos de brecha, em especial as estruturas fluidais presentes na matriz da brecha e nas áreas cheias de blocos englobados.

Os fragmentos alongados não são muito freqüentes, e a olho nu dificilmente se percebe qualquer arranjo planar ou linear. Porém, a estrutura fluidal já é visível nos tinguaitos porfíricos ou traquitos cloríticos da rocha matriz. Nêstes, os nódulos de clorita são alongados e alinhados (fig. 12) concordando com a orientação das ripas microscópicas de feldspato. Boas evidências de fluxo podem ser vistas em algumas matrizes afaníticas, pela variação nos tons de cor entre as lâminas, principalmente quando ressaltados pelo intemperismo químico. Em uma área restrita, na descida para Serra Negra (PENALVA, 1962), afloram brechas ricas em fragmentos, com a matriz mostrando o aspecto de u'a massa viscosa "escorrida" entre os blo-

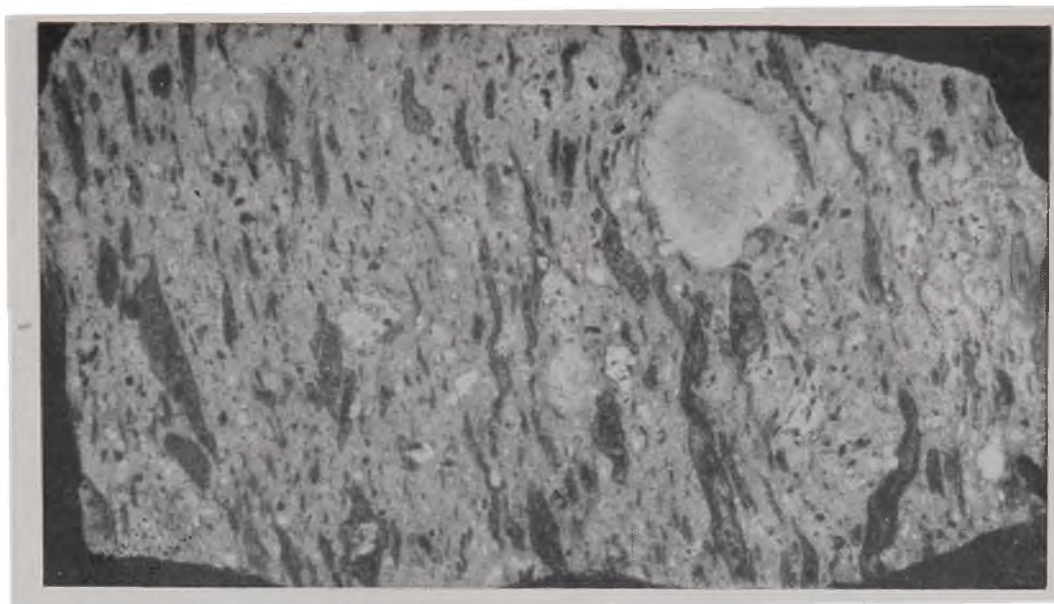


Fig. 12 — Estrutura fluidal em matriz traquitica, destacando-se os nódulos alongados, ricos em clorita. Os corpos brancos são fenocristais de feldspato ou pequenos fragmentos de rochas (x 1).

cos, de cores variadas e orientação confusa e desordenada (fig. 13).

Foram relativamente poucas as oportunidades que tivemos de medir estruturas indicativas de fluxo do material magmático. Efetuamos pouco mais de duas dezenas de medidas, principalmente no km 13 da estrada para as Agulhas Negras, na entrada do caminho dos carvoeiros de Serra Negra e a NW da Pedra do Altar. Conforme se observou, as atitudes são as mais variadas, apresentando direções desordenadas, porém, os mergulhos são quase sempre de alto valor, entre 60° e 90° . Os valores baixos para os mergulhos foram anotados nos mesmos afloramentos que apresentam estruturas verticais, correndo estas diferenças por conta de prováveis circunvoluções locais do material em fusão.

3. Alterações Mineralógicas no Final da Consolidação — Na área das brechas, os produtos residuais da cristalização afetaram sensivelmente o corpo maior, a noroeste; sobre o corpo menor não notamos nenhum efeito dessa natureza. Duas são as características que marcaram esta atividade: a presença de

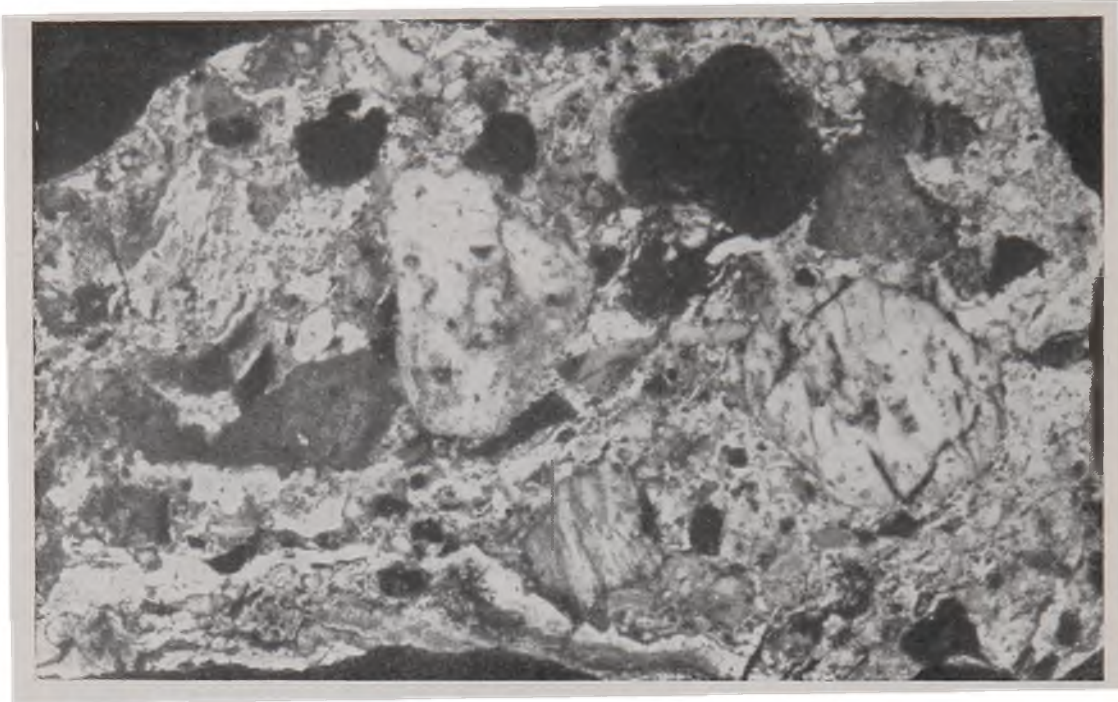


Fig. 13 — Amostra de brecha magmática exibindo fragmentos variados e matriz com estrutura fluidal (x 1.5).

clorita, representando a quase totalidade dos minerais máficos e a grande riqueza de pirita, com freqüência em cristais cúbicos perfeitos. Merece ainda seja destacada a relativa abundância de calcita, formando agregados de cristais submicroscópicos e raramente se apresentando como cristais bem desenvolvidos dentro de fraturas. Aparecem ainda em quantidades subsidiárias a muscovita, fluorita e quartzo (microcristalino ou em cristais intersticiais). No km 10,4 da estrada para as Agulhas Negras, êsse quartzo intersticial perfaz quase 100% da matriz entre os blocos de um pequeno afloramento de brecha. Aparece também formando geodos na zona do portão ou como constituinte normal da matriz sem fragmentos e de granulação milimétrica, na Pedra Furada.

A clorita aparece disseminada, sob a forma de cristais lamelares microscópicos, alongados, ou então formando agregados em nódulos, quer na matriz, quer dentro de fragmentos ou de fenocristais de feldspatos. Outras vezes preenche fraturas que podem afetar simultaneamente, tanto a matriz quanto os fragmentos. Foi observada a presença de biotita em cristais

microscópicos, muitas vêzes junto à clorita nas próprias fendas, ou mais raramente em cristais bem desenvolvidos, de cor castanha e com inclusões de apatita. A pirita ocorre em cristais isolados ou pequenos agregados, ou se dispõe seguindo fraturas, acompanhando os minerais máficos. Aliás, é conveniente assinalar que a pirita e a clorita ocorrem juntas talvez em mais da metade dos casos. Vale também assinalar que além da pirita, é apreciável a quantidade de titanomagnetita que está presente, tanto dentro de fragmentos como na matriz. Em certos casos apresenta-se em porcentagem mais alta que a pirita. A hematita também está presente, formando nuvens de cristais submicroscópicos disseminados, responsável pela cor avermelhada de muitos fragmentos e da matriz.

A pequena ocorrência de brecha da Capelinha também é muito rica em pirita, sendo que o fenômeno se estendeu ao gnaiss encaixante, nas imediações do contato.

Os anfibólios e piroxênios tão comuns nos sienitos, são praticamente ausentes nas brechas. Esse fato nos leva a crer que esses máficos foram alterados pelos fluidos residuais da cristalização, ricos em água, e transformaram-se em clorita, ou então, a clorita poderá ter sido formada diretamente, sem passar pela fase intermediária. O fato ressalta quando verificamos que, enquanto nos sienitos anteriormente formados os anfibólios, biotita e piroxênios são abundantes, as cloritas são muito escassas. Fora das brechas a clorita ocorre apenas em alguns pontos do nordmarkito (E. RIBEIRO FILHO, 41) Esses fenômenos deutéricos talvez sejam também os responsáveis pela corrosão dos bordos de fenocristais de feldspatos, principalmente nas rochas do km 13 da estrada para as Agulhas Negras (fig. 14)

VIII — FENÔMENOS MAGMÁTICOS E TECTÔNICOS NO CORPO DO ITATIAIA

1. **O Gnaiss** — Quando se examina o mosaico das fotografias aéreas recortadas e montadas, da zona do vale do Paraíba, na região das cidades de São José dos Campos a Guaratinguetá,

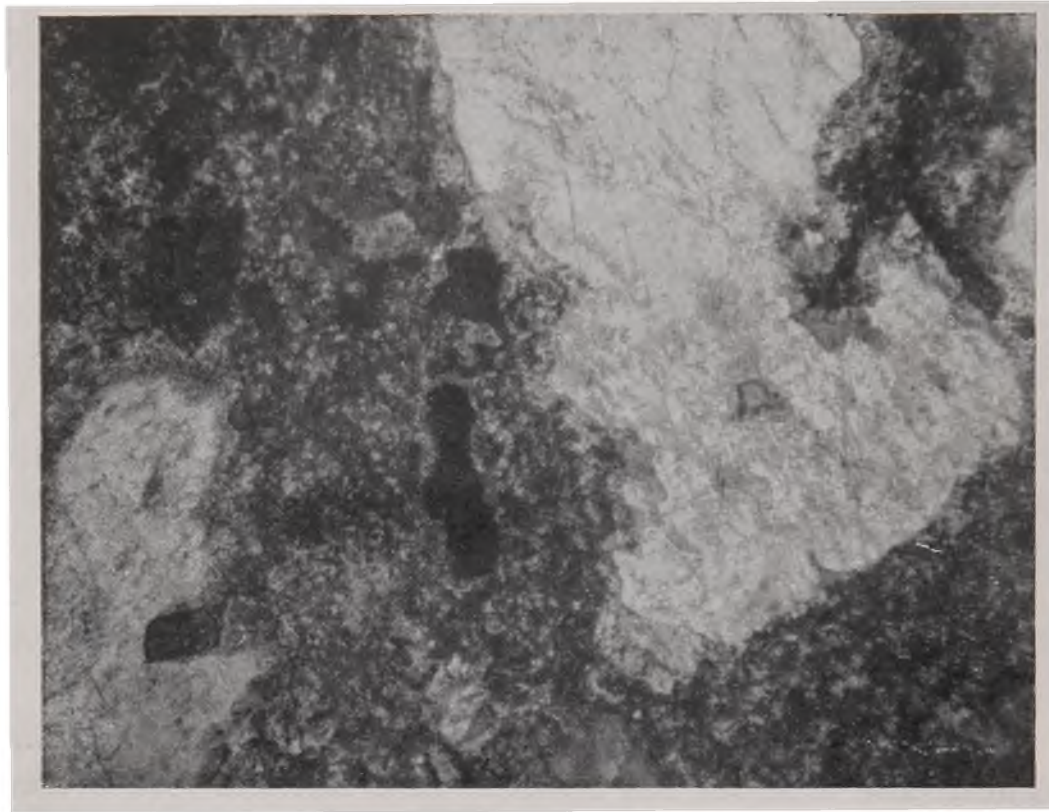


Fig. 14 — Fotomicrografia mostrando o fenômeno de corrosão dos bordos de fenocristais de feldspato (aumento de 30 vezes, nicois cruzados).

numa escala aproximada de 1:100.000, consegue-se obter uma razoável idéia de conjunto, com respeito às condições tectônicas que imperam nesta área. O embasamento cristalino exhibe elementos morfológicos que estendem-se por dezenas de quilômetros, em atitude uniforme e constante. É menos evidente o fenômeno no trecho que se segue rumo a Cruzeiro e Queluz, mas ainda é possível suspeitar-se que exista uma continuidade. Observa-se que êsses eixos estruturais do escudo pré-cambriano têm orientação ENE, concordante com o vale do Paraíba.

Esta observação do comportamento regional do gnaiss vem em apóio dos dados obtidos para a gnaissificação na região do Itatiaia. Para a área comparativamente pequena da intrusão, em confronto com a magnitude das estruturas regionais, não é de se estranhar a uniformidade da xistosidade, a qual tem direção média ENE e mergulho moderado (40-60°)

para o sul. As poucas variações nas atitudes, bem como as pequenas dobras observadas são puramente locais. De modo geral, a intrusão praticamente não perturbou a atitude preferencial da encaixante.

O diaclasamento do gnaisse é comum na região, mas podemos notar que há uma predominância das diáclases nas imediações da intrusão, principalmente no lado do vale do Paraíba e na área de drenagem dos rios do Salto e Capivari. O número das medidas obtidas neste setor não foi suficiente para se tentar qualquer interpretação estatística dos esforços que entraram em jogo na gênese do maciço.

Falhas no gnaisse foram anotadas em várias ocasiões. As de maior amplitude foram indiretamente observadas, tomando como base os elementos da topografia e o estudo das fotos aéreas. São poucos os exemplos, e como se estendem também pela área das alcalinas, serão tratados posteriormente em conjunto (fig. 8). As de pequeno rejeito e de importância secundária, mostradas na tabela 1, foram diretamente observadas. Contudo, graças à sua pequena expressão não foram assinaladas no mapa geológico, dado o problema de escala.

TABELA N.º 1 — Falhas no Gnaisse

Localização	Direção e mergulho	
Fazenda Penedo	N75E,	70S
Capelinha	N35W	35N
Capelinha	N15E,	45S
Capelinha	NS,	70E
Serra Negra	EW	vertical
A norte do Curral	N80W.	80N
Km 18,4 da rodov para Caxambu	N65E,	vertical
Rio Santo Antônio	NS,	vertical

O problema da atitude dos contatos entre o corpo intrusivo e gnaisse encaixante foi sempre objeto de cuidadosa observação. Mas em nenhuma ocasião pudemos verificar contatos com justaposição das duas rochas. Os dados colhidos permitem-nos apenas alguma aproximação dos fatos reais. Vejamos por

exemplo o caso da existência dos contatos verticais. No flanco do Paraíba, por onde drenam os rios do Carrapato, Itatiaia e Palmital, não foi observada nenhuma inflexão da linha do contato ao se descer dos divisores para o leito dos rios. O mesmo parece ser válido para a região onde o rio Prêto ultrapassa a barreira estrutural anelar. Se alguma atitude diferente da vertical existir, ela foi encoberta pela margem de êrro existente no traçado dos limites.

Em alguns pontos do contôrno do maciço, parece que, pelo menos localmente, o plano do contato mergulha para fora da intrusão. Isto pode ser visto na parte N e NW do maciço, em pelo menos 3 lugares: no caminho que liga a Vargem Grande à Serra Negra, no caminho que vai da mesma Vargem Grande a Capelinha, e também nas imediações desta. O sienito desaparece sob o gnaisse de forma indecisa, à medida que se desce topograficamente, por quase uma centena de metros na vertical. São regiões onde pequenas porções do teto remanescente se manifestam, ricas em ve os de quartzo e intrusões desordenadas de pequenos diques de rochas alcalinas. Na descida para a Vargem Grande, partindo-se do Brejo da Lapa, com grande freqüência encontramos blocos decimétricos de gnaisse ao lado de outros de rocha alcalina que está "in situ". Isso parece indicar que não data de muito tempo a destruição dos remanescentes do teto gnáissico da intrusão no setor noroeste. Também na região leste, entre o rio Marimbondo e o rio Santo Antônio, a fotografia aérea mostra uma provável saliência de gnaisse deitada sôbre as rochas intrusivas. Faltou-nos apenas a verificação desta observação, por causa da vegetação muito fechada.

2. **Diques** — Nas tabelas 2 e 3 estão relacionados os principais diques anotados durante o mapeamento. Muitos outros, de pequena espessura, foram notados na região do planalto, essencialmente na área do quartzo-sienito. Foi observada a predominância dos diques dentro do corpo alcalino, devendo-se isso a três prováveis causas:

- a) pela maior pesquisa executada na área intrusiva;

- b) a área do gnaiss encaxante é consideravelmente mais baixa quanto a topografia, estando sujeita a condições mais favoráveis ao intemperismo químico;
- c) pelas próprias condições genéticas que, como se espera, submeteram o corpo em intrusão a fases de agitação, com o conseqüente fraturamento das partes já

TABELA N.º 2 — DIQUES ENCAIXADOS NO GNAISSE

Localização	Direção e Mergulho	Espessura	Tipos de rocha
Km 18 da rodovia p/ Caxambu	N65W vertical	?	Tinguaíto alterado
Km 24,5 da rodovia p/ Caxambu	N60W vertical	4 m	Tinguaíto cinza-escuro, porfirítico
Km 165,7 da Via Dutra	?	?	Rocha clara, porfirítica, alterada
Jardim Martinelli	N75E vertical	1 m	Rocha clara, alterada, granulação fina
Jardim Martinelli	N75E vertical	2 m	Rocha clara, alterada, granulação fina
Rio Santo Antonio	N45W vertical	0,5 m	Tinguaíto escuro, porfirítico
Rio Santo Antonio	N45E vertical	2 m	Rocha avermelhada, com fenocristais rosados
Capelinha	N65W vertical	0,5 m	Tinguaíto afanítico
Capelinha	N65E vertical	0,5 m	Tinguaíto afanítico
Capelinha	N55E vertical	0,5 m	Rocha cinza-escuro, afanítica
Rio do Salto (Km 12, para Caxambu)	N70W vertical	0,5 m	Rocha escura, com fenocristais de biotita
Km 18,4 da rodovia p/ Caxambu	N85E vertical	0,5 m	Rocha decomposta

solidificadas, permitindo a localização dos corpos tabulares.

TABELA N.º 3 — DIQUES ENCAIXADOS NAS ROCHAS ALCALINAS

Localização	Direção e Mergulho	Espessura	Tipos de rocha
Norte do Hotel Monte Parnasso	N45E vertical	4 m	Tinguaito escuro (brechoide) com pseudo-leucita
Pedra Furada	N85W vertical	?	Tinguaito (brechoide ?)
Pedra Furada	N85W vertical	0,5 m	Rocha afanítica, decomposta, arroxeadada
Leste da várzea do Aiuruóca	N40W 60S	1 m	Tinguaito cinza-amarelado
Norte do Leão	N45E vertical	4 m	Tinguaito cinza-claro, granulação submilimétrica
Norte do Leão	N20E ? N	2 m	Rocha cinza, textura sacaroide
Oeste da Pedra do Altar	N80W 40S	2 m	Nordmarkito (?) cinza-claro
Pedra Furada	N10E 60S	1 m	Tinguaito cinza-escuro, microcristalino
Descida para Vargem Grande	N10E vertical	0,5 m	Rocha decomposta, arroxeadada
Vargem Grande	N10W vertical	8 m	Rocha decomposta, amarelada
Várzea do Aiuruóca	N60W vertical	4 m	Nordmarkito, amarelo-rosado
Vargem Grande	N25E vertical	1 m	Rocha decomposta, fina, amarelada

Nota-se alguma diferença nas côres e texturas dos diques introduzidos fora ou dentro do maciço. No gnaisse predominam os de côres mais escuras, alguns dêles provavelmente de diabásio. São por vêzes porfíricos, destacando-se fenocristais

de feldspato ou biotita. No leito do rio Santo Antônio, não longe do contato, foi verificado um dique de tinguaito de cor rosa carregado. Já dentro das rochas alcalinas, êles se apresentam de modo mais uniforme, e com características bem marcadas: cor cinza-claro, levemente rosada ou arroxeadas. Ocorrem nas partes mais profundas da intrusão diques de cor cinza-carregado, granulação milimétrica, com fenocristais de feldspato e possivelmente pseudo-leucita. A composição está em concordância com os nefelina-sienitos que os contém. Na área da brecha, onde os diques são freqüentes, apresentam granulação fina. Dentro da área do planalto êles lembram em tudo a petrografia do quartzo-sienito que os encaixam. Apenas a granulação é mais fina, chegando até a textura afanítica.

A SW das Agulhas, pode-se observar que a trilha passa pela zona de um provável dique, com textura porfírica bem desenvolvida, sem quartzo visível e fluorita em pequena quantidade.

Quando estão localizados no gnaiss, sua concordância com a gnaissificação parece ser puramente acidental, pois mesmo entre aqueles raros casos em que os diques seguem a gnaissificação, alguns mostram variação na sua atitude, fugindo à concordância estrutural. Da mesma forma, não se observa nenhuma tendência dos diques no sentido de guardarem uma disposição radial com relação à intrusão. Percebe-se apenas que a maioria deles está orientada segundo WNW e ENE, paralelamente às zonas de fraqueza regionais.

A espessura destes corpos é sempre modesta, predominando os de 30 cm a 1 m. Exemplos com 3 m ou mais já são raros. Um grande dique com 200 m de espessura e 1 km de comprimento na direção NS, localizado nas nascentes do rio Capivari através do levantamento aéreo, não pôde ser confirmado pela impossibilidade de acesso através da mata.

Muitas vezes os diques aparecem em conjuntos de 2 ou mais, principalmente na área do planalto. Na zona do Leão, na descida para Serra Negra, e a leste da várzea do Aiuruóca observa-se este fato claramente.

A sua relação com falhamentos no gnaiss ficou bem evidenciada em três lugares: na descida para a Serra Negra, lo-

go abaixo do curral; num riacho nas imediações da Capelinha; e no km 18,4 da rodovia Engenheiro Passos-Caxambu, onde uma pequena elevação foi terraplenada. No primeiro exemplo, dentro do magma injetado há grande número de xenólitos de gnaiss, de 5 a 20 cm.

Da decomposição dos diques localizados nas rochas alcalinas resulta geralmente um solo amarelado-claro que ao olho mais atento se destaca do aspecto normal. Aquêles localizados no gnaiss, por sua vez, apresentam um tom escuro, tendendo para o preto, em nítido contraste com a cor clara de encaixante decomposta. Isto pode ser verificado entre os km 25 e 26 da rodovia Engenheiro Passos-Caxambu, nos trechos que recentemente sofreram limpeza nos barrancos dos cortes.

3. Xenólitos de Gnaiss na Periferia da Intrusão Alcalina

— Nas partes norte o noroeste do maciço há duas ocorrências bem marcadas de xenólitos na zona do contato:

1. Na Vargem Grande, ao se alcançar a zona aberta e desmatada, onde existe algumas habitações, foi notada a presença de vários matacões em que se destacavam fragmentos de 2-20 cm de um biotita-gnaiss de granulação fina e formas irregulares. Fragmentos milimétricos estão dispersos pela massa da rocha magmática envolvente. Esta é rica em quartzo, com aparência muito semelhante aos quartzo-sienitos do planalto, com granulação de média a grossa. Os xenólitos apresentam-se isolados ou formando grupos densos com escassa matriz intersticial. No mesmo local ocorrem blocos do sienito nefelínico habitual, às vezes cortados por veios de quartzo. A linha de contato passa pouco a norte desse local.

2. No km 36 da rodovia Engenheiro Passos-Caxambu, quando a estrada se aproxima do último grande afluente da margem esquerda do rio Capivari, está a outra ocorrência mista de xenólitos e rochas alcalinas. É zona de pequena cachoeira, onde se nota grande abundância de fragmentos de gnaiss e também rochas alcalinas; têm dimensões de 10 a 50 cm, e predominam os de 20 cm. Os blocos de gnaiss apresentam-se dobrados, com diferentes cores e proporções mineralógicas variadas; as

formas são levemente arredondadas. Os fragmentos de rochas alcalinas são menores em número e dimensões, apresentando cores escuras e texturas afanítica e porfírica. A parte magmática que cimentou esse material brechado é escassa e tem granulção centimétrica. Um dique com direção N55E e 40 cm de espessura mostra-se no local. O contato do maciço foi traçado passando por esse lugar

4. **As Grandes Estruturas do Relêvo** — Do estudo da morfologia das partes altas do Itatiaia pode-se tirar valiosos elementos para a interpretação da gênese do planalto. No mais recente trabalho sobre aquela região, TEIXEIRA (1961) efetuou um bom reconhecimento das formas do relêvo. Identifica as cristas, suas formas, o controle que exercem sobre a drenagem e lança algumas idéias tectônicas perfeitamente concordes com o nosso ponto de vista. Fazemos restrição apenas a algumas idéias suas, baseadas em analogias com corpos alcalinos da África, Estados Unidos e mesmo Poços de Caldas, interpretando como diques anelares tôdas as estruturas arqueadas. Sem dúvida, lá encontraremos vários elementos de semelhança com as mencionadas intrusões, mas também existem diferenças substanciais, o que será discutido posteriormente.

Da visão conjunta do mosaico aerofotográfico da figura 15, nota-se um conjunto de formas circulares concêntricas, cujo centro está a meio caminho entre o abrigo Rebouças e as Agulhas Negras. O limite externo desta área é uma grande estrutura aproximadamente circular, com cerca de 9 km de diâmetro. Tem continuidade desde a serra Negra (fig. 16) a NW até a serra do Marombas e o Leão a E (fig. 17) Após uma interrupção, pode ser identificada a sul, na região do abrigo Massena e o morro do Urubu (fig. 18)

O controle exercido pela morfologia sobre a drenagem é evidente. Os formadores principais do rio Prêto têm cursos anelares, o mesmo acontecendo com um trecho das cabeceiras do rio Aiuruóca. O fato se repete ao sul, onde as nascentes dos rios Carrapato e Itatiaia têm parte de seus cursos controlados pela estrutura em arco. Os afluentes do rio Campo Belo que



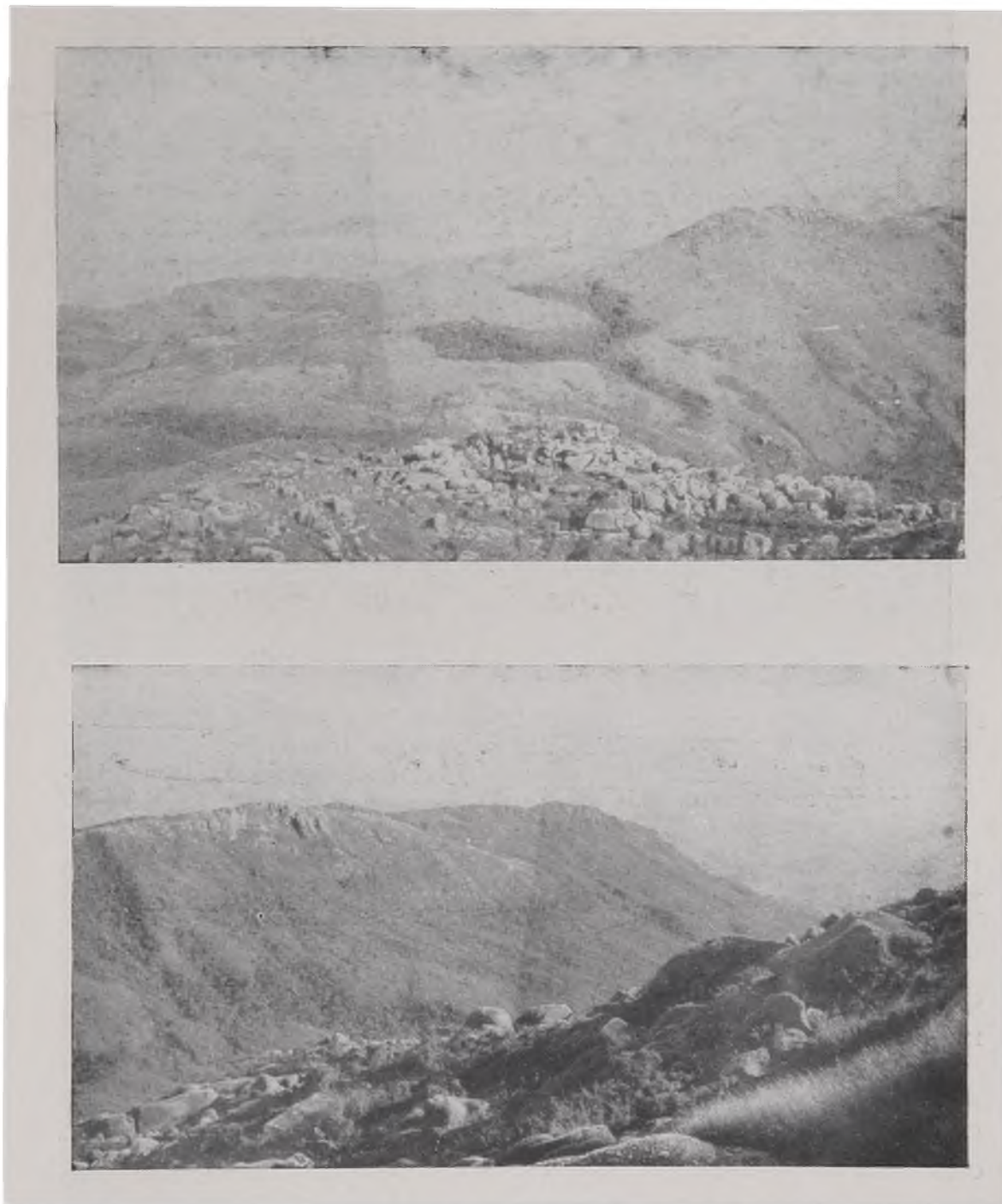
Fig. 16 — Serra Negra (fim do grande anel no setor W). Em primeiro plano, lagoas e soleira (a foto mira o norte).

descem do setor oeste do Leão também estão em parte condicionados pelos traços estruturais circulares.

A oeste do barraco de Mauá um dos afluentes do rio Prêto passa por área alagadiça e turfosa, originada graças ao represamento exercido por um anel morfológico, a denominada várzea do rio Prêto (fig. 19). O mesmo se dá com o rio Aiuruóca, que nasce na várzea do mesmo nome (figs. 20 e 21).

Em direção ao centro do planalto percebe-se, a norte e leste, fragmentos de estruturas arqueadas de raio menor que a grande estrutura externa (figs. 19 e 21), e interpretados por TEIXEIRA (1961), como outros tantos diques anelares. No setor sul, essa estrutura anelar se aproxima do grande anel externo.

Pouco a sul do pico do Maromba, a grande estrutura anelar externa tem continuidade através do Leão, enquanto que no



Figs. 18a 18b — A grande estrutura anelar no setor sul (vista das Prateleiras). Na extrema esquerda, o abrigo Massena; à direita, o morro do Urubu, o vale do rio Itatiaia e o flanco das Prateleiras (em primeiro plano). A fig. 18b é proulongamento da 18a, pelo lado direito desta.



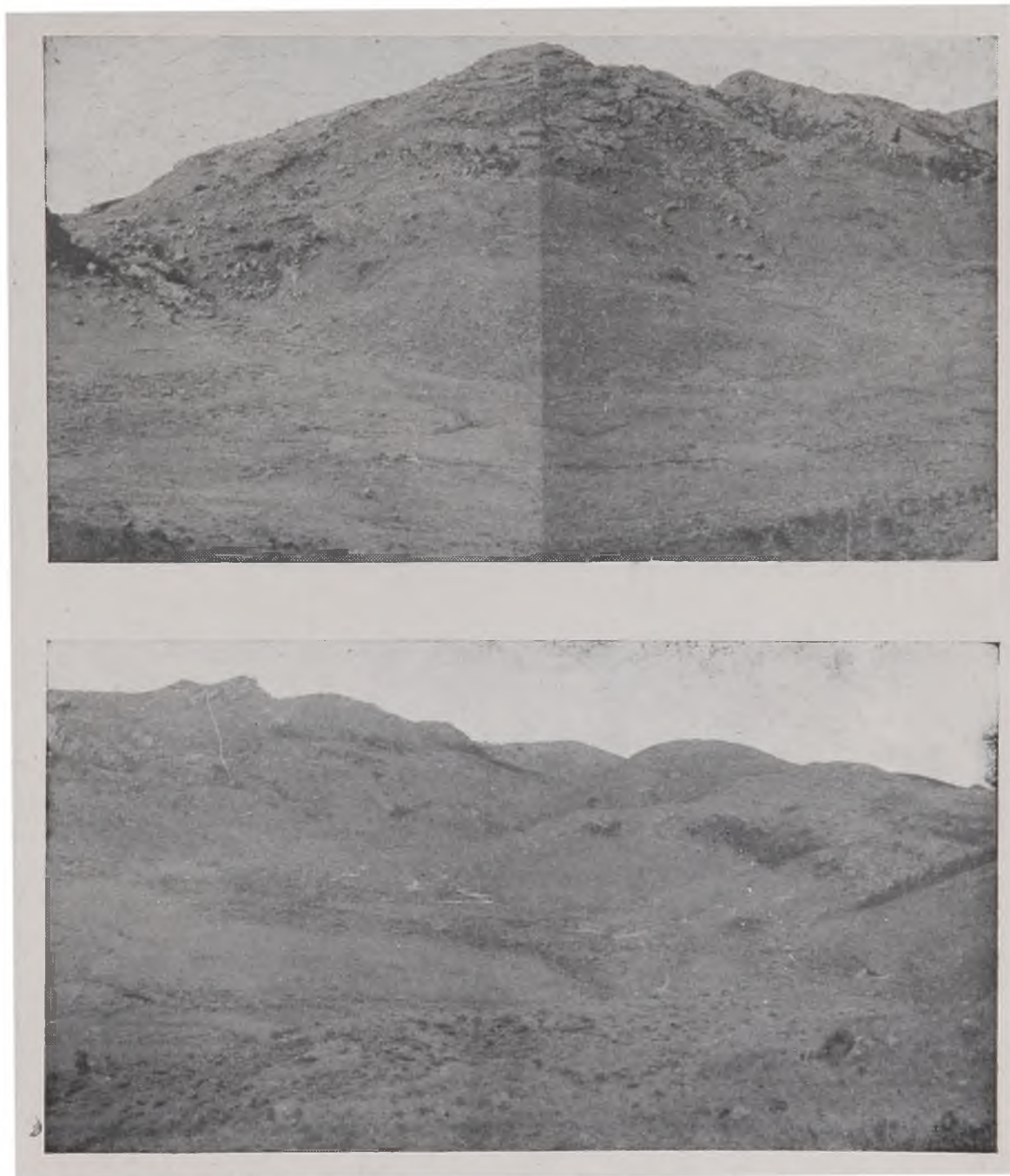
Fig. 19 — Várzea do rio Prêto vista do alto das Agulhas Negras (vide a ação de soleira das estruturas arqueadas). Ao fundo a estrutura anelar externa, cortada pelo rio Prêto ao deixar o planalto.

rumo SE destaca-se na topografia o espigão que leva aos Dois Irmãos e aos Três Picos (figs. 6 e 17).

Na parte central do planalto localiza-se o núcleo rochoso que forma as Agulhas Negras, o qual também apresenta a forma arqueada, concordante com as demais estruturas.

Menos evidente e de mais difícil interpretação é a área com elementos do relêvo sugerindo estruturas em arcos concêntricos, e que tem o seu centro aproximadamente no km 13,5 da estrada para as Agulhas Negras; sua forma é elíptica, com o maior eixo E-W e evidencia-se mais no lado leste (fig. 15). Parece-nos que o fato se deve a fenômenos de diaclasamento.

Ainda merece destaque a estrutura representada pelo espigão que vai das Prateleiras à Pedra do Couto, isolado entre o vale do ribeirão das Flôres e o despenhadeiro do lado sul do maciço (fig. 22). Tem direção média N70W e em altitude rivaliza com o núcleo das Agulhas e o anel externo N-NE.



Figs. 20a e 20b — Várzea do Aiuruóca (foto tomada do anel morfológico a norte da mesma, e que lhe serve de soleira). A elevação que se destaca à esquerda é o flanco norte das Agulhas Negras. A fig. 20b é prolongamento da 20a, pelo lado direito desta.

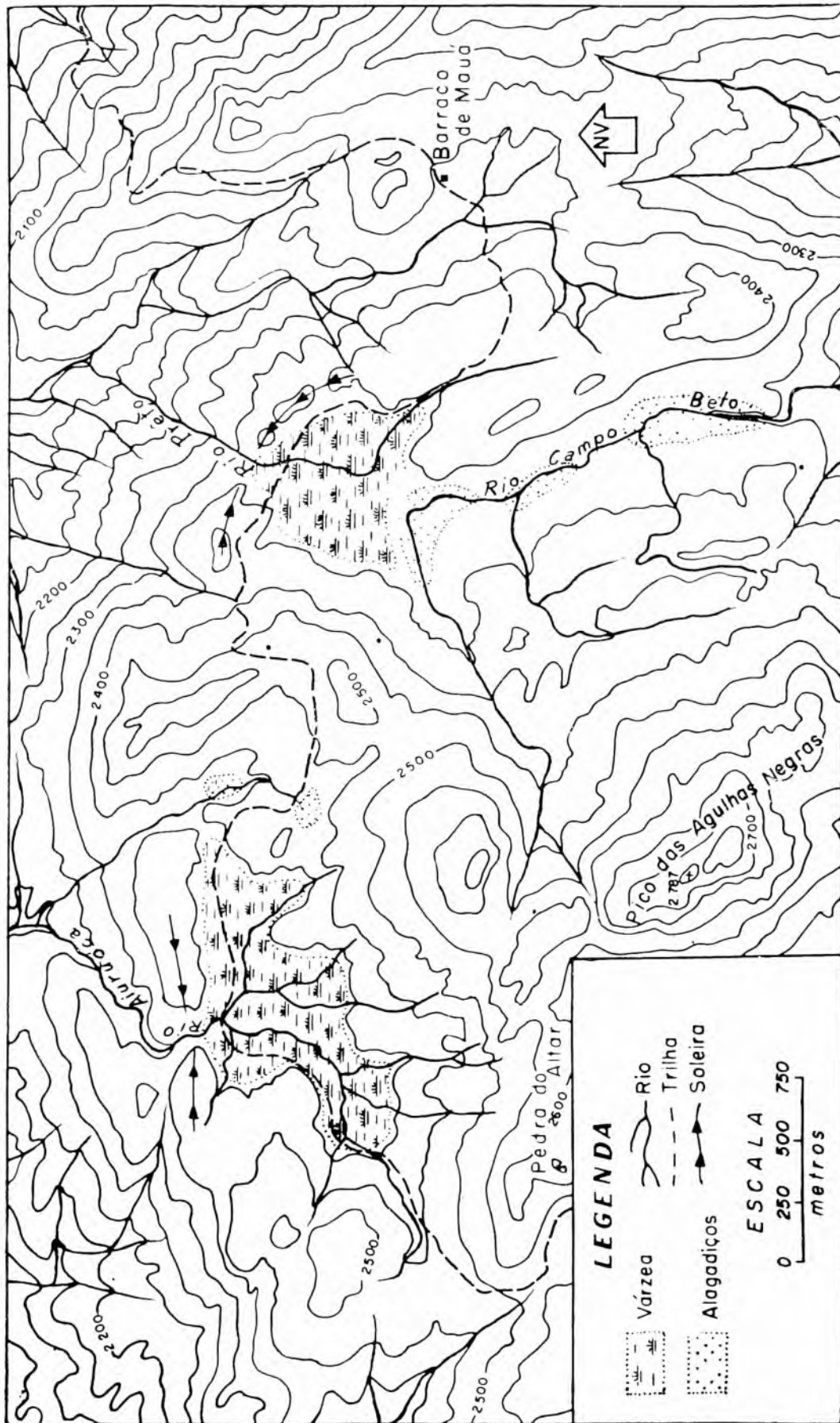


Fig. 21 — As várzeas dos rios Aiuruóca e Prêto, mostrando o efeito de soleira do relêvo anelar.



Fig. 22 — Espição Couto-Prateleiras visto do tópo das Agulhas Negras. Ao fundo as nuvens cobrem o vale do Paraíba e o corpo de Passa Quatro. Em primeiro plano, o vale dos Lírios e a lagoa Bonita.

5. **O Diaclasamento das Intrusivas** — Aquêlé que pela primeira vez sobe ao planalto do Itatiaia não deixará de se impressionar com os aspectos de sua topografia. Esta é condicionada por 2 fatores básicos: falhamentos e diaclasamentos. Os falhamentos, mais difíceis de serem percebidos de pronto, devem ser os responsáveis pelas grandes linhas do relêvo. O diaclasamento evidencia imediatamente o seu papel de condicionador dos traços topográficos menores, principalmente no que diz respeito ao aspecto da superfície da região, apesar de estar também associado à formação das estruturas circulares. As diáclases, abundantes em número, facilitam o aparecimento de grande quantidade de matacões (figs. 5 e 7), o isolamento de lombadas (fig. 23), o controle do aparecimento de marmitas e a formação de bom número de caneluras; controla ainda o curso de pequenos riachos formadores do ribeirão das Flôres e rio Aiuruóca. Essa infinidade de blocos arredondados, com diâmetros desde 50 cm até uma dezena de metros, está por vêzes parcialmente encoberta pela vegetação, mas podem ser vistos muito bem após as queimadas, como aconteceu na região das Pra-



Fig. 23 — Lombada na direção Pedra do Couto-Agulhas Negras. No fundo, à esquerda, a Pedra do Altar; ao centro o vale dos Lírios.

teleiras durante o inverno de 1962, após um incêndio acidental que durou 4 dias (fig. 24)

Do exame do mosaico aerofotográfico do planalto (fig. 15), a visão de conjunto nos permite reconhecer com facilidade os dois sistemas principais de diáclases que se sobressaem na topografia.

O primeiro sistema, com as diáclases praticamente verticais, aparece como condicionador das feições circulares no corpo central das Agulhas Negras, e em outras elevações menores a nordeste, também com forma de arcos. Concorde geomêtricamente com a forma do planalto, e o seu centro está localizado a meio caminho entre as Agulhas Negras e o abrigo Rebouças.

O segundo sistema é perfeitamente evidenciado no espigão que liga as Prateleiras à Pedra do Couto (fig. 25), bem como no lado sul das Agulhas; tem direção E-W atitude vertical ou mergulhando fortemente para o sul, e exerce papel marcante nos traços topográficos do planalto.

As grandes diáclases horizontais ou sub-horizontais que podem ser percebidas nos paredões das Agulhas Negras e com mais evidência no corpo das Prateleiras, são responsáveis pelo aspecto que deu nome a êste último. Podem ser explicadas como resultantes da contração do magma em resfriamento, associadas ao alívio de carga da encaixante sobrejacente, após a erosão gradativa do teto.

A SW e W da Pedra do Altar existe uma pequena área, com pouco mais de 1 km², onde se manifesta um sistema de diáclases bem pronunciado, com direção N35W e mergulho 35 N, e que é em parte o responsável pela estrutura com centro no km 13,5 da estrada para o planalto, pois tende gradativamente para atitude N-S e NE (fig. 26), incluindo a região da Pedra do Couto.

Até o momento fizemos sempre referência à zona do planalto, onde as rochas alcalinas são quartzosas. Porém, nas partes mais baixas onde a rocha é o nefelina-sienito, também se observa grande número de diáclases, mas nunca comparáveis àquelas da parte superior do maciço. E só podemos imaginá-las

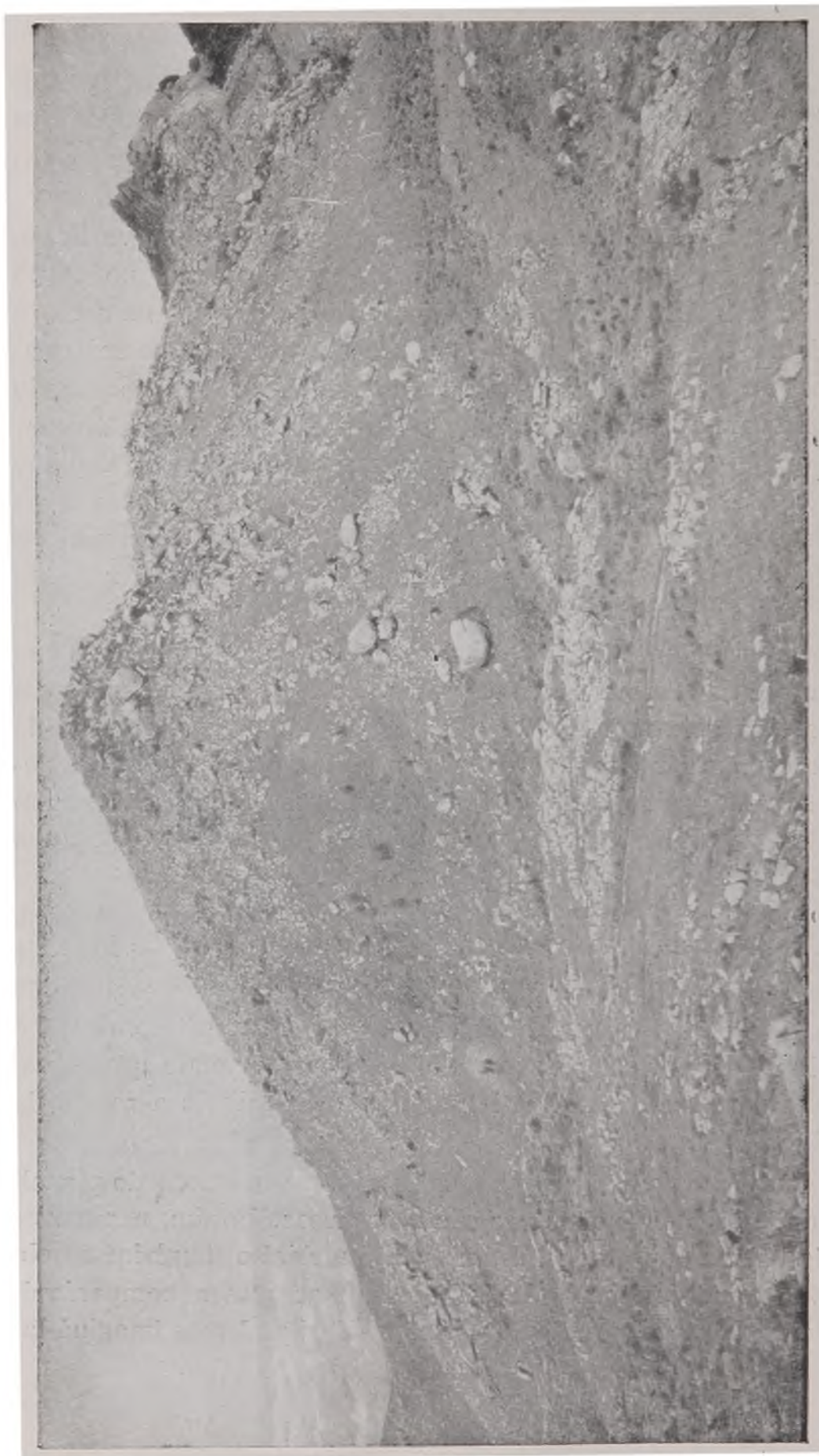


Fig. 24 — O “mar de blocos”, alguns meses após a passagem do fogo (vista tomada do posto meteorológico, no ru-
mo SW); as Prateleiras estão à direita e o abrigo Massena à esquerda.

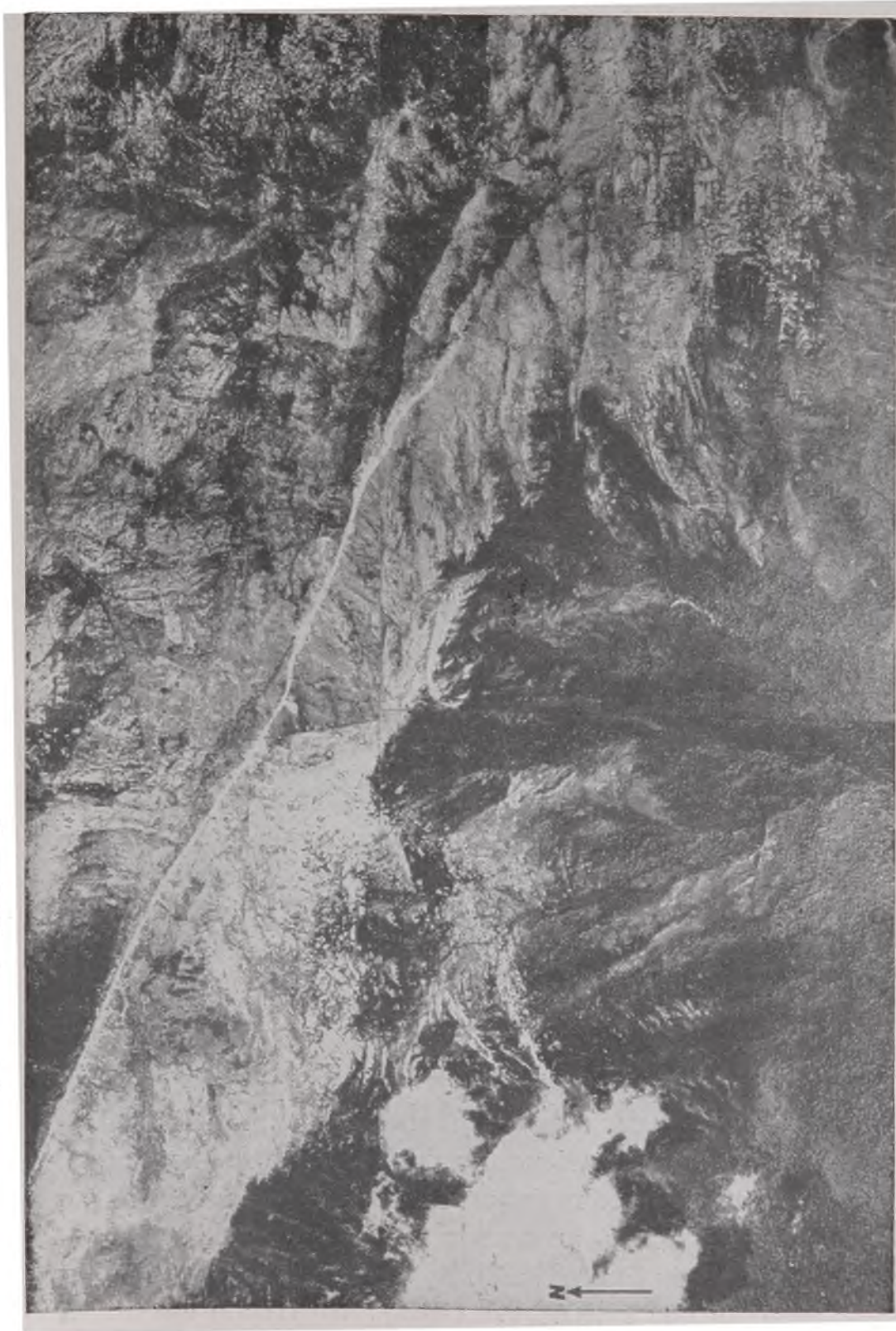


Fig. 25 — Escarpa Pedra do Couto-Prateleiras, em man tagem a partir de fotografias aéreas verticais. As Prateleiras estão no canto inferior direito; a estrada acompanha o vale dos Lirios. Escala aproximada de 1:45.000.



Fig. 26 — Grande sistema de diáclases N-S, com mergulho para leste. Ao fundo as Prateleiras; em primeiro plano, a gramínea *Cortaderia modesta* (“cabeça de negro”).

como sendo originadas das tensões decorrentes do resfriamento. Em muitos casos percebe-se claramente que diáclases foram desenvolvidas quando ainda existiam nas proximidades componentes ativos do magma, os quais por elas circularam deixando a marca da sua passagem: descoramento de uma faixa de 1-3 cm, desenvolvimento de uma textura mais grosseira ou presença de diques com poucos centímetros de espessura.

Na zona das brechas, onde as rochas são em geral de granulção fina, pelo seu resfriamento relativamente mais rápido, o diaclasamento foi muito mais junto, possibilitando a formação de fragmentos pequenos, angulosos e em grande número, especialmente a NW da Pedra do Altar. Tal fato já foi mencionado anteriormente por PENALVA (1962). No trecho em que a

estrada para as Agulhas Negras atravessa a região das brechas, e mais particularmente no km 11,2, os trabalhos com explosivos ressaltaram sistemas bem desenvolvidos, exibindo amplas superfícies planas ao longo do barranco, com direção N60E e mergulho 75S.

LAMEGO (1936, p. 31) faz referência a estrutura fluidais de grande expressão, indicativas de circulação do magma dentro da câmara magmática em resfriamento. Cita como exemplo o aspecto local que se observa quando, a partir do abrigo Rebouças, se olha para SE, no sentido das Prateleiras (fig. 27). A disjunção paralela proeminente, com direção N20E e mergulho 50S, seria concorde com o "acamamento" ocasionado pelas estruturas de fluxo. Na realidade, o exame das referidas rochas nada mostrou que pudesse abonar esta idéias. Não foi encontrada evidência de arranjo planar dos componentes da rocha.



Fig. 27 — Sistema de diáclases N20E, 50°S, visto do abrigo Rebouças (à direita).

Futuros trabalhos de natureza tectônica provavelmente revelarão a existência de 4 tipos de diaclasamentos, bem como farão a sua separação, caracterizando-os através de interpretações estatísticas. É fato comum encontrarmos uma grande variedade de diaclasamentos, com direções e mergulhos os mais diversos, coexistindo no mesmo afloramento. Somente a geologia de detalhe do planalto poderá separá-los e relacionar cada sistema a uma fase do desenvolvimento da história do maciço.

Esses 4 tipos de fraturamento deverão estar assim distribuídos:

1.º) Aquêles provocados pelas forças de tensão originadas durante a consolidação do magma, e que certamente refletem a forma da intrusão.

2.º) Pelas prováveis forças de tensão e compressão resultantes de presumível abatimento da cúpula da intrusão.

3.º) Pelas forças de tensão ligadas ao tectonismo considerado como do Terciário, responsável pela origem da bacia de Resende e vale do Paraíba.

4.º) Pelo alívio de carga, à medida que a erosão descobre o maciço.

Não podemos perder de vista, no entanto, o papel importante que devem desempenhar o intemperismo químico e físico na manifestação dos diaclasamentos, pelo fato das linhas de fraqueza serem predispostas ao desgaste mais pronunciado e à ruptura.

6. O Falhamento das Intrusivas — Apesar da falta de provas diretas, acreditamos que os falhamentos são os responsáveis pelas grandes linhas topográficas do maciço alcalino, e com especial referência à região do planalto.

Dos nossos estudos resulta a conclusão de que os falhamentos devem ter ocorrido em pelo menos duas épocas bem distintas: durante a fase intrusiva e depois, bem mais tarde, quando a intrusão já estava sendo exposta pela erosão. A discussão destas idéias será feita em capítulo posterior. No momento limitar-nos-emos apenas a assinalar os fenômenos de falhamento

observados no campo, ou os que apresentam indícios suficientes para serem reconhecidos como tais.

No alto do maciço, as estruturas circulares já mencionadas sugerem uma grande atividade de abatimento concêntrico, realizada talvez em várias etapas, durante a consolidação da intrusão (vide pág. 175)

Falhamentos de rejeito e idade relativa ignorados são assinalados no planalto. Alguns podem ser observados com facilidade. Na trilha que leva do abrigo Rebouças às Agulhas Negras e a meio caminho entre o mesmo abrigo e a "ponta da estrada" observam-se zonas de milonito decomposto com espessura de 20 a 30 cm, direção N55W e mergulho 65N ou vertical. O mesmo se observa na trilha que liga o abrigo Rebouças ao abrigo Massena, ainda no vale do ribeirão das Flores, onde foram anotados espelhos de falha verticais, com direções N45W e N60W. Pouco antes do rio Aiuruóca deixar a sua várzea, seu afluente da margem esquerda corre por um vale onde há evidência de rochas esmagadas e cloritizadas. Na entrada para os carvoeiros de Serra Negra, região da brecha magmática, existe um sistema de 3 falhas verticais cortando a estrada, em uma extensão de 70m, com direção média de N80W. E pouco acima, na direção do portão, manifesta-se outra região de movimento, com direção N80E e mergulho 60N.

Através dos trabalhos no campo, bem como pelo estudo das fotos aéreas, pudemos suspeitar da existência de vários falhamentos de difícil confirmação, pela falta de horizontes guias e de afloramentos apropriados. Aparecem nas fotografias aéreas como depressões bem visíveis, como alinhamento de encostas de elevações, faixas alongadas de vegetação ou riachos que obedecem a um controle linear evidente (fig. 28). Na figura 8 estão assinaladas estas possíveis falhas, muitas delas não mencionadas no texto. Acreditamos que parte dos alinhamentos anotados refletem direções de diaclasamento. Na impossibilidade de uma verificação, chamamos a atenção para a sua existência. A saída dos rios Aiuruóca e Prêto da zona in-



Fig. 28 — Vale tectônico (rumo NW) de um afluente do rio Aiuruóca (as elevações em 2.º plano já são de gnaisse).

terior do planalto se dá através de prováveis zonas de falha, com direção NW e NE respectivamente.

O falhamento que mais se evidencia é o vale dos Lírios (figs. 29 e 30), com uma extensão aproximada de 10 km quase retilíneos na direção N60-70W, por onde corre o ribeirão das Flôres, formador principal do rio Campo Belo.

Esta linha de falha parece bifurcar-se ao se aproximar das Agulhas Negras: o ramo percorrido pelo ribeirão das Flôres tem continuidade com o rio Alambarzinho, passando entre os picos dos Dois Irmãos; o outro ramo, mais a sul, dirige-se para as proximidades do abrigo Massena e se alinha com o ribeirão das Pedras, passando a norte dos Três Picos. Ao ser atravessada esta última bifurcação, no caminho que liga os abrigos Massena e Macieiras, foram encontrados, na região prevista, blocos de uma brecha tectônica silicificada, onde os fragmentos são também de sílex.



Fig. 29 — Vale dos Lírios e ribeirão das Flôres (vista tomada no rumo W, a partir do pôsto meteorológico). Ao fundo, à esquerda, a Pedra do Couto; à direita, em primeiro plano, a Pedra do Eco; no canto inferior esquerdo aparecem ramos de **Chusquea pinifolia**.

Rumo a sul, deixando o planalto, observa-se o despenhadeiro Couto-Prateleiras, sugerindo claramente uma escarpa de linha de falha associada à formação do vale do Paraíba, pois se apresenta como uma escarpa que às vêzes tem inclinação superior a 45° , e não pode ser interpretada sòmente como um trabalho do rio Itatiaia.

Descendo para a bacia de Resende nota-se, a 4 km a NW da fazenda Dois Irmãos, o paredão de um provável plano de falha na região do contato, com mais de 300 m de extensão. Na área vizinha aos Três Picos, as cabeceiras do rio Bonito e ribeirão das Pedras correm sôbre supostas zonas de falha que



Fig. 30 — Vale dos Lírios e ribeirão das Flôres (vista tomada abaixo do abrigo Rebouças, no sentido E). Ao fundo, no centro da foto, está o morro do pôsto meteorológico (as Agulhas Negras ficam à esquerda); dentro do vale, muitas de **Chusquea** e **Cortaderia**.

se cruzam, estando em vias de se realizar a captura do ribeirão das Pedras pelo rio Bonito (fig. 31).

IX — A TECTÔNICA REGIONAL E A GÊNESE DOS CORPOS ALCALINOS

A região do Itatiaia, sob o ponto de vista tectônico, localiza-se em uma área que tem sido objeto de muitos estudos por parte de geólogos e geomorfólogos. A origem das serras do Mar e Mantiqueira e vale do Paraíba é considerada pela grande maioria dos estudiosos, como consequência de falhamentos escalonados ao longo de fraturas de tensão que obedecem a certas linhas tectônicas preferencias. FREITAS (1951) desenvolveu um estudo do moderno tectonismo brasileiro, dedicando especial atenção ao problema de que tratamos no momento.



Fig. 31 — Fotografia aérea vertical da região dos Três Picos (SE) e Dois Irmãos (N), na escala aproximada de 1:40.000. O ribeirão das Pedras (curso SE) e o Rio Bonito (curso N-S) correndo sôbre supostas zonas de falhas que se cruzam.

Nas próximas páginas alinharemos algumas considerações sôbre as idéias geralmente aceitas com respeito às características tectônicas desta região.

1. **A Herança Pré-cambriana** — FREITAS (1951) refere-se a CLOOS, onde êste autor defende a idéia de um verdadeiro determinismo estrutural do pré-cambriano sôbre as feições tectônicas mais modernas. Tôdas as deformações dos rígidos escudos cristalinos estariam condicionadas às linhas de fraqueza herdadas do pré-cambriano. No Brasil, e em especial nas regiões sul e leste, a tectônica do nosso escudo cristalino estaria subordinada aos eixos das dobras pré-cambrianas. A direção brasileira ENE para a gnaissificação seria então a direção dos eixos de dobra e ao mesmo tempo a linha de fraqueza, onde as tensões comandariam os fenômenos de ruptura. Uma linha de fraqueza subordinada, com direção NW, completaria o sistema.

FREITAS (1947, p. 123) cita BARTH, onde êste autor chama a atenção para o fato das intrusões alcalinas estarem relacionadas a fendas de tensão ao longo de fraturas tectônicas do embasamento. É o que BACKLUND (1933, p. 22) chamou de epirodiatresis, quando se referiu à penetração de magma alcalino em áreas cristalinas estáveis.

Modernamente, VOROBIEVA (1960, p. 7 e 14) entre outros, ao estudar as rochas alcalinas da U.R.S.S., volta a dar ênfase a essa ligação peculiar dos corpos alcalinos com os escudos pré-cambrianos. Salienta que é fato indiscutível a ocorrência de uma tectônica em blocos, não só nos rígidos escudos mas também nas zonas de dobramento ativo. É comum a intrusão dos corpos alcalinos em zonas de falhamento. Como sabemos, o Itatiaia não foge a essa regra, restando apenas a dificuldade em explicar-se porque o corpo do Itatiaia é alongado segundo a direção tectônica secundária NW

Tendo sempre em mente as zonas estruturalmente predispostas a rupturas, vamos agora estudar as causas da intrusão do grande número de corpos de rochas alcalinas no Brasil. Estas mesmas causas parecem explicar também a não menos ampla ocorrência de corpos alcalinos do sudoeste africano, como nos mostram MARTIN, MATHIAS e SIMPSON (1960) O nosso parentesco geológico com a África sul-sahariana manifesta-se ainda aqui, tanto na herança das linhas tectônicas, como nos resultados tectono-magmáticos.

2. Os Levantamentos Epirogênicos — Ao retirar-se a grande glaciação permo-carbonífera que envolveu o hemisfério sul, a região do "Gondwana" ficou submetida a um estado de desequilíbrio isostático. Isto é facilmente compreensível quando nos lembrarmos do alívio de carga resultante da retirada da capa de gelo e da remodelação sofrida pela paisagem, através da erosão e formação dos depósitos glaciais na periferia da região glacial. Como consequência do reajuste isostático que então se iniciou, o escudo cristalino adquiriu um movimento ascendente, o qual teria causado o arqueamento e a

ruptura do seu arcabouço rígido, nos pontos fracos preconiza-

Vários são os autores que apoiam esta concepção. GUIMARÃES (1947, p. 17 e 22) expõe claramente a idéia de que o degelo e a longa denudação determinaram uma compensação no campo isostático, elevando e arqueando o embasamento, com o conseqüente fraturamento pelas forças de tensão.

Porém, devemos ter em mente o fato observado atualmente no hemisfério norte, após a retirada da glaciação pleistocênica. O fenômeno de reajuste isostático parece processar-se com grande rapidez, para chegar ao equilíbrio dentro de um tempo geológico relativamente curto. Sabemos, contudo, que o tempo geológico envolvido no problema em estudo é bastante longo, o que nos leva a encarar com cuidado as idéias acima expostas. Surge uma dificuldade adicional ao imaginarmos que o maior efeito do arqueamento e fraturamento deveria ser esperado na zona da erosão glacial, o que parece não ter acontecido, mesmo porque, considerando uma área denudada pela atividade glacial, o rebaixamento da região pela ação do gelo não excede poucas dezenas de metros.

LEINZ (1949, p. 46) introduz um elemento importante nesta seqüência de idéias, quando procura provar a existência de outro ajuste de massas rochosas pela isostasia, porém de caráter negativo. A grande massa de rochas básicas extravasadas no Neotriássico motivou um movimento descendente do escudo na bacia do Paraná, trazendo como conseqüência um elemento novo neste sistema de forças que deformava a região, causando a subsidência do substrato da bacia e o conseqüente soerguimento da periferia, motivado pela ação de basculamento.

FREITAS (1951), além de aceitar a teoria da ascensão epirogênica regional como causa das deformações e do arqueamento, dá maior importância à possível relação destas deformações com os fenômenos que deram origem aos Andes, o que nos parece pouco provável (vide pág. 169)

3. O Magma Basáltico e as Intrusões Alcalinas — Tudo o que foi exposto nos será de grande valia neste momento, quan-

do passamos a estudar a gênese do magma alcalino. Esta origem terá que ser procurada levando-se em consideração a maior atividade magmática conhecida, quando a partir do Neotriássico ascenderam, provavelmente do Sima (LEINZ, 1949, p. 51), um milhão de quilômetros cúbicos de lavas basálticas, as quais ainda hoje cobrem 2 milhões de quilômetros quadrados na América do Sul, África do Sul e Índia.

Ainda há divergência quanto à origem das geoclasses adutoras do material em fusão. GUIMARÃES (1947) lidera aqueles que consideram as fendas de tensão originadas do reajuste isostático e do arqueamento do escudo cristalino. LEINZ (26, p. 52) prefere os argumentos fornecidos por WEGENER, na sua teoria da ruptura do continente de Gondwana e a translação das massas continentais. Duas destas prováveis geoclasses foram descritas por LEINZ no Rio Grande do Sul: Torres-Posadas, com direção N50-70W (1949, p. 41) e o atual vale do rio Uruguai com direção N45E (1949, p. 54-55).

Importante conceito é introduzido nesta discussão por GUIMARÃES (1947, p. 17-18), ao afirmar que as zonas periféricas aos derrames foram também afetadas, porém em menor amplitude, permitindo a formação de bolsões de magma básico. Estes sofreram uma lenta evolução, sendo por vezes perturbados pela recorrência da atividade magmática, quando havia adição de material à câmara em diferenciação. É sem dúvida sugestiva a fig. 1, onde se vê a distribuição dos corpos alcalinos brasileiros e dos derrames basálticos, de acordo com o proposto por GUIMARÃES. Apenas a intrusão alcalina de Lajes localiza-se praticamente dentro da área basáltica.

Contudo, a idade dos nossos derrames basálticos, considerada como sendo neotriássica, é duvidosa. Não existe argumento que exclua a possibilidade de atribuir-lhes a idade jurássica ou mesmo e o cretáceo. Os derrames basálticos da África e Índia são colocados no Jurássico e Neocretáceo, respectivamente. Como se vê, o problema da idade do magmatismo basáltico traz certa insegurança às idéias de GUIMARÃES expostas acima, pois se o magmatismo básico ocorreu realmente no

Cretáceo, as intrusões alcalinas são mais novas do que se imagina, ou então não derivaram do magma basáltico (vide pág. 79).

A explicação da origem das rochas alcalinas por diferenciação a partir de um magma básico vem a ser o fundamento da teoria segundo a qual BOWEN (1928) se opõe às idéias de DALY (1918) e SHAND (1929, p. 150). Êstes autôres procuram provar que o magma alcalino se origina da reação de carbonatos da encaixante com material intrusivo de natureza subalcalina. Não é oportuno o momento para nos alongarmos na discussão de tão complexo problema. Apenas chamamos a atenção para o fato de que as idéias de BOWEN, GUIMARÃES e também VOROBIEVA (1960, p. 15) podem ser por nós aceitas neste trabalho, pois a teoria de DALY e SHAND encontra escasso apóio na região. É certo, porém, que longos trechos da serra da Mantiqueira são desconhecidos; da mesma forma, ignoramos se existe calcário na profundidade.

Nas imediações do Itatiaia não se nota vestígios de carbonatos; apenas algumas lentes estão presentes. Segundo informação do Engenheiro do Instituto Geográfico e Geológico, Sr José Epitácio Passos Guimarães, na fronteira São Paulo-Rio de Janeiro, onde o rio Mambucaba se aproxima de Angra dos Reis, ocorrem lentes de dolomito dentro do gnaisse. Apresentam espessura máxima de 200 m e comprimento de 400 a 600 m. Os calcários dolomíticos descritos por MENESCAL CAMPOS (1941), nos municípios de Vassouras e Barra Mansa, são constituídos por pequenas lentes isoladas acompanhando a gnaissificação, e nunca ultrapassam 30 m de espessura.

Independente da origem do magma, na Era Neomesozóica ou Eocenozóica vários corpos alcalinos foram introduzidos em níveis mais elevados, em concordância com as condições tectônicas regionais. Podemos ver (fig. 1) nos dias de hoje mais de uma dezena de grandes afloramentos destas rochas no Brasil meridional, alinhados segundo duas direções principais NE e NNW. concordantes com situação semelhante no sudoeste da Africa, como nos mostram MARTIN, MATHIAS e SIMPSON (1960, fig. 1) e ELLERT (1959, fig. 21)

Algumas destas intrusões dão indicação clara que tiveram ligação com a superfície, Poços de Caldas por exemplo (ELLERT, 1959) No caso do Itatiaia, esta ligação é sugerida apenas indiretamente.

4. O Planalto Cretáceo e o Tectonismo Terciário — Concordam os geomorfólogos e os geólogos estruturalistas que até o Cretáceo, a região compreendida entre o Espírito Santo e Santa Catarina, entre outras, era constituída de um planalto em erosão, submetido a epirogênese positiva, onde deveria destacar-se a zona do Itatiaia como divisor de águas, condicionando uma drenagem radial. Havia continuidade fisiográfica entre as atuais serras da Mantiqueira e Bocaina (R. RIBEIRO FILHO, 1948, p. 21) AB'SABER e BERNARDES (1958, p. 10 e 11) sugerem ainda uma grande continuidade de terras dêste planalto cretáceo no rumo leste, às quais hoje estariam no fundo do Oceano Atlântico.

A região, ao que tudo indica, volta a ser palco de novos episódios tectônicos no Terciário. Nessa época teriam surgido a serra do Mar, vale de abatimento do Paraíba e serra da Mantiqueira, como conseqüência de falhamento normais.

As causas determinantes dessas rupturas crustais são controvertidas. Os fenômenos de arqueamento e ruptura faziam-se presentes nessa ocasião, mas não podemos precisar quais as suas reais causas. FREITAS (1951) desenvolveu uma idéia de WASHBURNE (1939), segundo a qual o nosso escudo cristalino teria sido deslocado contra o geossinclínio andino, durante a orogenia cretáceo-terciária. Após a cessação dos esforços compressivos teria ocorrido um relaxamento crustal, desenvolvendo esforços tensionais, os quais deram como resultado os falhamentos normais no leste brasileiro; as falhas foram principalmente na direção NE, submissas ao comando estrutural postulado por H.CLOOS.

A aceitação do mecanismo proposto por FREITAS é dificultado por três razões:

- a) A distância que nos separa dos Andes é da ordem de 3.000 km, sendo improvável que os esforços pudes-

sem ser transmitidos através de tão longa distância sem diluir-se gradativamente.

- b) Há evidências que os falhamentos já estavam presentes no leste brasileiro (Itaboraí) no início do Terciário, quando a orogenia andina caminhava ainda para o seu clímax.
- c) A força para a inversão de um geossinclínio parece ser local, e da mesma natureza daquela que provocou a sua subsidência, agindo continuamente. Da mesma forma, as forças atuantes no leste brasileiro, qualquer que seja a sua origem, devem ter agido de um modo contínuo desde o magmatismo básico, as intrusões alcalinas e o tectonismo cenozóico.

É quase unânime a opinião dos autores ao estudar esta verdadeira província geomorfológica compreendida entre o Espírito Santo e Santa Catarina: a orientação NE de suas grandes linhas são concordes com a herança estrutural pré-cambriana, quais sejam, a gnaissificação regional, as linhas de fraqueza e o alinhamento NE das intrusões alcalinas na direção Cananéia-Cabo Frio.

Como nos mostra FREITAS (1951) em seu trabalho sobre a moderna tectônica brasileira e mais recentemente AB'SÁBER E BERNARDES (1958), as provas indiretas encontradas na fisiografia são o bastante para aceitarmos os grandes falhamentos de tensão como responsáveis pelas escarpas e o típico vale de abatimento do Paraíba médio e inferior. As bacias sedimentares de Taubaté e Resende representariam fases desse processo.

Dentro desse panorama por nós sumariado, voltamos nossa atenção para o maciço alcalino do Itatiaia. Parecem claros os traços de sua íntima ligação com os processos de evolução geológica da região. Sua posição geográfica obedece ao esquema previsto por CLOOS, o mesmo seguido anteriormente pelo magmatismo basáltico e a conseqüente evolução dos bolsões ígneos periféricos aos derrames. Os falhamentos posteriores à consolidação, iniciados provavelmente no Neocretáceo, atin-

giram o flanco sul do maciço, expondo-o profundamente (AB'SÁBER e BERNARDES, 1958, p. 15) e ressaltando morfológicamente a intrusão (figs. 10 e 32)

X — CONSIDERAÇÕES SÔBRE ALGUMAS FASES DA HISTÓRIA DA INTRUSÃO

Baseados no panorama tectônico há pouco sumariado e nas nossas próprias observações, expostas em capítulos precedentes, vamos tentar ordenar alguns dos fatos principais da história do maciço do Itatiaia, desde a intrusão do corpo magmático até os dias atuais.

A natureza do nosso trabalho, o qual constou apenas do mapeamento e do reconhecimento geral das características morfotectônicas da região, não nos permite tentar a reconstituição da história da intrusão. Mesmo depois da execução das necessárias pesquisas de detalhe, essa tarefa não será fácil pois estamos frente a um corpo de rochas magmáticas em fase erosiva adiantada. Já foi destruída sua cúpula, onde habitualmente estão mais claras as evidências das várias etapas de uma intrusão alcalina.

Em seguida serão expostas e discutidas algumas idéias, baseadas essencialmente nos fatos observados. Porém, às vezes faz-se inevitável introduzir alguma especulação, na tentativa de relacionar essas observações entre si e interpretá-las; já o fizemos anteriormente e voltaremos a fazê-lo em seguida.

1 **A Intrusão, o Espaço e a Idade** — Já nos referimos ao fato do gnaisse regional apresentar-se pouco perturbado pelos fenômenos da intrusão. Idêntica situação foi observada por ELLERT em Poços de Caldas. Êsse autor menciona (1959, p. 45) que o mesmo se dá com as intrusões alcalinas da Europa e da África: Kola, Illimaussak, Pilansberg, Erongo, Brandberg, Messum. Êsses fatos, associados a observações mais modernas, permitem uma concordância de idéias entre FERSMANN, BACKLUND (1933), USSING, SHAND (1929), MARTIN et al. (1960), VOROBIEVA (1960) e muitos outros, concluindo

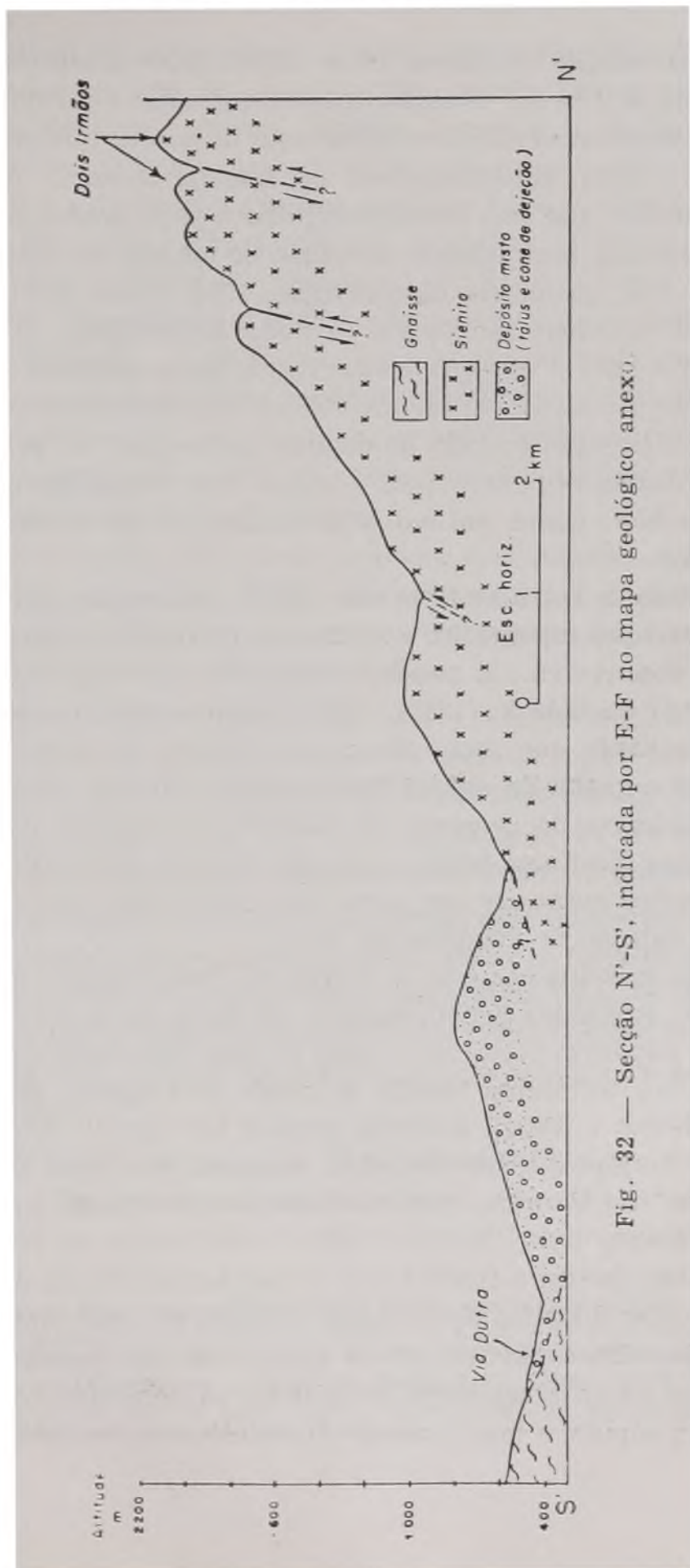


Fig. 32 — Secção N'-S', indicada por E-F no mapa geológico anexo.

por uma relação constante entre as intrusões alcalinas e uma tectônica de blocos. O espaço para a intrusão é ganho à custa de falhamentos verticais e isolamento de blocos que são forçados para cima, constituindo-se no teto da mesma. Às vezes tem ocorrido que tais blocos mergulham para dentro da câmara magmática, permitindo a ascensão de magma e a intrusão de corpos com geometria característica. De modo geral, as estruturas regionais são pouco ou nada deformadas. O Itatiaia não parece ser a exceção a esta regra. Seus contatos sugerem a atitude vertical e em alguns trechos são grosseiramente retilíneos. A injeção forçada do magma parece não ter deformado as estruturas regionais, pois o corpo tem forma alongada na direção NW, quase normal à gnaissificação do embasamento cristalino.

O teto da intrusão teria sido alçado, e a região teria adquirido destaque topográfico no planalto cretáceo, no qual a erosão se desenvolvia. É possível que tenha ocorrido em parte o "stopping" de DALY (1933), com o desprendimento de blocos da encaixante que mergulham para dentro do magma, favorecendo o ganho de espaço pela intrusão. Porém, nunca achamos evidência da presença de xenólitos de gnaiss dentro do corpo das alcalinas; talvez a grande riqueza dos nordmarkitos em quartzo possa ser em parte explicada como um fenômeno de assimilação de xenólitos do teto.

Não acreditamos que os corpos de Passa Quatro e Itatiaia estejam separados geneticamente. A faixa de gnaiss que os separa não seria mais que o resto do teto, rebaixado talvez por fenômenos tectônicos ligados às zonas de fraqueza dos contatos. Mesmo o Morro Redondo poderá ter ligação subterrânea com o conjunto, tendo esta sido truncada pelo abatimento do "graben" do Paraíba, que rebaixou sensivelmente aquele pequeno corpo.

Passa Quatro e Itatiaia não se destacavam como duas protuberâncias distintas da intrusão, à época em que foram aí localizados. Baseados no que se pode observar presentemente, supomos que o atual corpo oeste tinha sua abóbada como uma discreta cúpula, e logo o seu perfil se elevava, buscando o ver-

dadeiro tampo do corpo ígneo, a leste. Com esta idéia procuramos analisar o fato de encontrarmos os fenômenos habituais da crista de uma intrusão alcalina somente no Itatiaia. Foi lá que se deu talvez a fase extrusiva, e lá estão o nordmarkito, as estruturas anelares, as rochas alcalinas finas e a brecha magmática. No corpo de Passa Quatro as rochas alcalinas de granulção fina parecem ser apenas de diques, e a fácies pegmatítica, rica em nefelina, é encontrada com frequência, mostrando que os elementos voláteis associados à fração mais tardia na cristalização se deslocaram principalmente para o ápice dos corpos intrusivos. Não se observou, porém, nenhum pegmatito, individualizado como corpo de rocha tabular, quer seja no corpo de Passa Quatro ou do Itatiaia.

Os dois corpos principais têm formas alongadas, o Itatiaia N60W e Passa Quatro ENE. Mas, considerando a sua presumível ligação subterrânea, o conjunto aparece como um amplo arco com centro a leste de Queluz.

LAMEGO (1936), FREITAS (1947), GUIMARÃES (1947) e outros dão para o Itatiaia e demais corpos congêneres, a idade jura-cretácea, baseando-se em provas físi-estratigráficas e na provável gênese das rochas alcalinas a partir do magmatismo básico, este considerado como sendo do Neotriássico.

Nós também aceitamos essas idéias, pois elas representam o estado atual dos conhecimentos da geologia brasileira. Essa idade só poderá ser contestada quando novas relações de campo forem encontradas ou quando forem obtidos dados radiométricos seguros que apresentem idade absoluta diferente desta por nós aceita (*)

2. O Resfriamento e os Tipos Petrográficos — ELLERT (1959, p. 44) menciona que na maioria dos corpos alcalinos plutônicos as rochas mais ácidas afloram junto à periferia; e

(*) Recentes medidas radiométricas, ainda sem confirmação, dão para as rochas basálticas 125 milhões de anos e 66 milhões para as rochas alcalinas. Assim, suas idades geológicas seriam, respectivamente, Eocretáceo e início do Paleoceno. Como se vê, surge a suspeita de que as duas fases magmáticas não são aparentadas entre si (nota acrescentada no prelo)

para o centro, os tipos cada vez mais insaturados. E cita LAMEGO (1936) para dizer que o mesmo sucede no Itatiaia. Não podemos concordar com essa afirmação, pois os fatos por nós verificados mostram uma situação diferente. Parece não haver dúvida que se processou uma diferenciação magmática, mas esta deu-se essencialmente na vertical. As rochas insaturadas estão principalmente nos níveis inferiores, representadas por sienitos ricos em feldspatóides, alguns afloramentos com nefelina até 40%. Já os tipos mais ácidos localizam-se no tópo da intrusão, ocupando não uma posição periférica, porém central (vide perfís, figs. 9 e 10). Essas rochas mais ricas em sílica são: o quartzo-sienito, em alguns lugares com fácies pegmatítica e com drusas de quartzo, nordmarkito e granito alcalino.

Supomos que o corpo do Itatiaia era pelo menos 300 m mais alto do que o de Passa Quatro, pois é essa a diferença que se observa atualmente entre as suas cotas máximas, sem levarmos em conta o presumível abatimento do tópo da intrusão (pág. 80)

A fração enriquecida em sílica pela diferenciação e provavelmente pela assimilação, auxiliada pelos elementos voláteis, deve ter-se deslocado para essa abóboda central, dada a sua maior fluidez. O que não sabemos dizer é se nesse tópo estava presente um edifício vulcânico, permitindo a erupção do material magmático e possibilitando a distribuição das frações ígneas diferenciadas. É possível que DERBY tivesse razão quando ainda no fim do século passado julgou ver no Itatiaia a raiz de um edifício vulcânico. Infelizmente, as evidências diretas desses fatos, caso existentes, já foram de há muito destruídas pela erosão, que hoje expõe as partes profundas da intrusão; atualmente estaríamos observando a câmara magmática daquele vulcão.

Com o resfriamento progressivo do material em fusão vão sendo formadas as rochas, nas quais se desenvolvem as linhas de fraqueza devidas à contração, responsáveis pelo intenso diaclasamento, e por eventuais ajustes locais no espaço. Entre ês-

ses diaclasamentos, destaca-se aquêle que hoje aparece como um sistema circular concêntrico dominando o planalto, refletindo talvez a forma da parte superior da intrusão.

3.A Fase de Colapso e a Brecha Magmática — Observe-mos a situação atual das formas do relêvo no Itatiaia. U'a muralha anelar quase contínua circunda a área acentuadamente mais baixa do planalto, a qual ostenta no seu interior o núcleo rochoso das Agulhas Negras (fig. 5) Poderão ser várias as causas invocadas para explicar a gênese dêsse planalto interior.

Em primeiro lugar poderemos lembrar o trabalho da erosão, que teria agido sôbre os amplos sistemas de diaclasamentos e falhamentos. O tópo do maciço, após um prolongado dissecamento, apresenta-se escavado por 3 sistemas de drenagem que determinaram intensa erosão da área, fazendo o seu escoamento por certas zonas mais favoráveis. Contudo, no caso das três drenagens, o que se nota é que dentro do planalto o seu curso tem escassa energia, percorrendo áreas planas e alagadiças. Seu perfil ganha acentuado gradiente ao dirigir-se para fora do planalto. Não negamos que a erosão deve ter desempenhado importante papel na configuração morfológica do planalto. Mas é difícil imaginar que os fenômenos erosivos pudessem dar origem a um divisor rebaixado dentro de u'a muralha arqueada, quase contínua por 270°. O mais lógico seria esperar que a erosão originasse um divisor escarpado, entalhado por várias correntes dispersadas por um divisor saliente na topografia, como acontece com o corpo de Passa-Quatro (vide fig. 4)

Em segundo lugar poderemos imaginar que antes da consolidação final do magma, a parte superior da intrusão sofreu uma calma fase de subsidiência, após a perda da pressão dos gases.

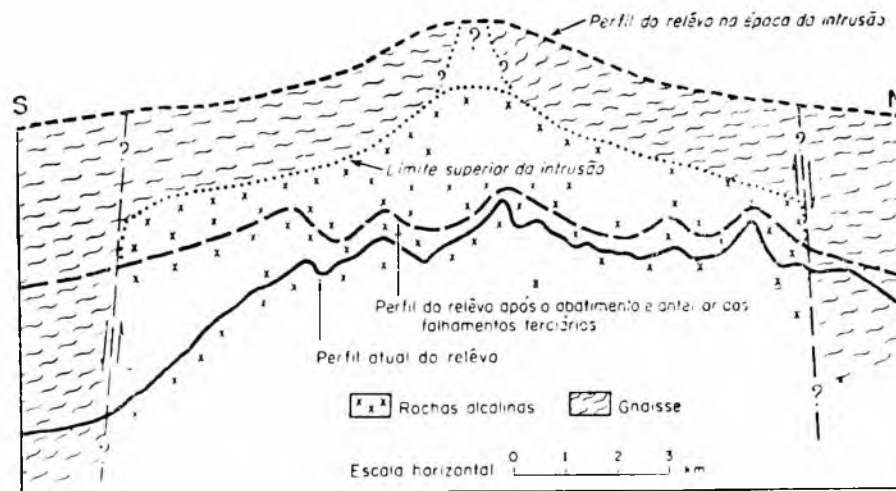
Ou então o teto da intrusão sofreu um colapso, quando já se aproximava o final da consolidação, graças à perda de sustentação e falhamento circulares. É grande o número de corpos alcalinos citados na literatura geológica que mostra fenômenos de abatimento do tópo da intrusão (CHAPMAN e CHA-

PMAN, 1940; CHAPMAN, 1935; ELLERT, 1959; KINGSLEY, 1931; MARTIN et al., 1960; MODELL, 1936; SHAND, 1929)

Concordamos que os elementos colhidos não são suficientes para aceitar ou contestar qualquer uma das possibilidades enunciadas, ou outras que não nos ocorreram. Mas pela analogia com os inúmeros exemplos conhecidos, achamos que a última idéia poderá ser optada, naturalmente com as devidas reservas.

Supomos que o tópo dessa câmara magmática, talvez com um edifício vulcânico, perdeu a sua sustentação, e através de falhamentos e diaclasamentos circulares abateu-se, dando origem a uma grande muralha. Além da analogia com os inúmeros corpos de rochas alcalinas onde o tópo se abateu, poderemos lembrar ainda que em favor da idéia temos: a) as rochas quartzosas afloram a 2200m dentro do planalto, enquanto que os nefelina-sienitos ocorrem na altitude de 2600m (serra do Maromba, estrutura anelar); b) os corpos de brecha magmática têm sua origem facilmente correlacionada com o abatimento (vide discussão em seguida); c) o intenso diaclasamento das rochas já solidificadas teria favorecido o colapso. Infelizmente não será fácil encontrar as eventuais provas do fenômeno, dadas as condições geológicas reinantes. Procurando reconstruir as características da região, desde a intrusão até os tempos atuais, apresentamos 3 perfís, onde tentamos mostrar a sucessão das principais etapas da evolução geológica do maciço (fig. 33)

Uma objeção que poderá ser feita, é aquela representada pela ausência de diques anelares, pois as estruturas arqueadas do planalto são sempre similares às demais rochas da região. Nos exemplos conhecidos, ao abatimento do teto da intrusão correspondeu uma ascensão de material ainda fluído, sob a forma de diques anelares, diques retilíneos desordenadamente dispersos entre os blocos resultantes do fraturamento ou mesmo cobrindo totalmente o produto da subsidência. No presente caso parece que o resultado em essência foi o mesmo. O colapso do material sólido estaria ligado à subida de material magmá-



tico, porém em dois pontos bem distintos e bem localizados: dois corpos de brecha magmática.

A ascensão do magma das brechas deu-se em zonas de fraqueza, e os fragmentos englobados por êle seriam parte do produto resultante da destruição de diques ou corpos menores originados no início do processo. Isso explica o fato de não encontrarmos os afloramentos de algumas variedades de rochas alcalinas representadas nos fragmentos.

Se realmente as brechas estão associadas a êsse presumível abatimento, surgem duas questões cujas respostas não sabemos ao certo:

- a) Essas chaminés por onde ascendeu o magma das brechas teriam entrado em contato com o exterior? A julgar-se pelo volume de material que o abatimento do planalto deve ter ocasionado, acreditamos que sim, pois a área rebaixada tem 50 km² e as brechas somam apenas 10 km². Já afirmamos que não se encontrou nenhum fragmento de gnaisse, e mesmo a brecha típica não alcança mais de 30% da área que leva tal nome no mapa geológico anexo. Isto parece indicar que a maior parte do material fragmentado tenha sido deslocada para cima, sendo em parte expelida. E a erosão terá destruído os depósitos piroclásticos, bem como os níveis

superiores do conduto, onde deverá ter sido maior a riqueza em fragmentos. Na realidade, quanto mais se desce topograficamente, mais escasseiam as áreas da brecha com material triturado.

- b) Teria o abatimento do tópo do maciço sido consequência da intrusão das brechas, ou o inverso? A primeira hipótese parece-nos a mais lógica, pois a ascensão do magma das brechas deve ter-se dado pela sua própria energia, representada pela atividade dos gases residuais, os quais são portadores de grande energia. Esses gases, liberados em quantidade fantástica pelas rochas alcalinas em cristalização, deixaram marcada a sua presença nas próprias rochas da zona das brechas (pág. 41) A subida do material magmático teria motivado a perda de sustentação e o consequente colapso, sendo compensado o volume de material magmático deslocado, pelo volume de rocha abatido.

As pequenas ocorrências de brecha já assinaladas (pág. 38) e os pequenos corpos de rochas alcalinas finas a oeste das Agulhas Negras e nas nascentes do rio Marimbondo provavelmente são contemporâneos dos fenômenos citados.

4. Os Falhamentos Terciários e o Vale do Paraíba — Durante longo tempo a erosão esculpiu a região do corpo alcalino, processo êsse facilitado pelos diaclasamentos e falhamentos. A erosão na área dos maciços alcalinos teve como complemento o intemperismo seletivo sobre o gnaisse, que é menos resistente à decomposição química, pois a sua estrutura permite mais fácil acesso às águas meteóricas. A cobertura de gnaisse da intrusão foi sendo removida e as rochas alcalinas até hoje guardam uma posição de realce com respeito à sua encaixante. Na região NE da estrutura anelar, onde talvez não tenham ocorrido fenômenos tectônicos pós-intrusivos, as rochas alcalinas têm mais de 700 m de elevação sobre o gnaisse.

O escoamento das águas das abundantes chuvas de verão vem sendo feito pelas três drenagens já mencionadas, daí resultando que o planalto tem sido conservado mais baixo que a muralha externa.

Apesar de ser considerado como contemporâneo da intrusão de Poços de Caldas, o maciço alcalino do Itatiaia foi mais profundamente dissecado. Isto se deve às condições topográficas mais favoráveis à erosão intensa do Itatiaia, o qual se tornou um acidente bem destacado no relêvo após a gênese do vale do Paraíba. A sua área é menor e a cúpula da intrusão tem 10 km de diâmetro apenas, contra os 30 km de Poços de Caldas. Os altos da serra do Itatiaia estão a mais de 1.000 m acima de Poços de Caldas, em condições climáticas bem diversas.

Os grandes falhamentos normais do Terciário, reativando talvez antigas linhas de fraqueza, vão afetar também o maciço alcalino do Itatiaia, que apresentava-se como um ponto de maior heterogeneidade no cenário tectônico do atual vale do Paraíba.

Não temos dúvida que êsses falhamentos foram posteriores à intrusão, pois, se fôssem anteriores ou contemporâneos, a encaixante do flanco sul não resistiria; mas fácil seria para o magma romper o gnaisse na região do vale, que ir para cima mais de 2000 m. O Morro Redondo, com menos de 900 m de altitude, certamente terá sido rebaixado durante a formação do "graben" do Paraíba.

Como evidência desse tectonismo, o lado sul da intrusão apresenta hoje um acentuado escarpamento, cuja orientação N65W acompanha a grosso modo a linha do contato. Enquanto no setor NE as rochas ígneas não afloram abaixo dos 1800 m, o rio Campo Belo corre sobre sienitos até os 600 m. Nota-se na escarpa Pedra do Couto-Prateleiras que sua irregularidade é o resultado da interferência do sistema de diaclasamento E-W sobre o provável falhamento N65W (fig. 14)

Os cursos do rio Itatiaia, cabeceira do Santo Antônio e afluente do rio Marimbondo apresentam-se alinhados (fig. 8),

acompanhando talvez a zona de falhamento responsável pelo rebaixamento da grande estrutura anelar de pelo menos 400 metros no setor sul. É interessante notar que o anel morfológico deve ser uma feição bastante antiga na topografia, pois apesar deste rebaixamento evidente, tem perfeita continuidade com o resto da estrutura. Isto parece indicar que: a) a estrutura anelar remonta às primeiras fases da história da intrusão; b) os fenômenos de falhamento no vale do Paraíba recebem uma confirmação mais segura.

Na região da serra Negra um bloco de gnaisse avança para dentro do corpo alcalino, fazendo com que a linha de contato apresente uma brusca reentrância. Tal contato, ao aproximar-se do rio Aiuruóca, sofre uma brusca inflexão, quase seccionando a estrutura anelar externa. Supomos que esse bloco tenha se abatido, e o teto de gnaisse ainda encobre a intrusão. Infelizmente não foi possível colher dados que possibilitassem confirmar esta hipótese.

Ainda é objeto de discussão se as bacias de Taubaté e Resende formaram-se logo após a gênese do vale do Paraíba. AB'SÁBER e BERNARDES (1958, p. 17), afirmam que elas foram formadas no Terciário superior, por reativação do tectonismo. De nossa parte, acreditamos que a sedimentação na bacia de Resende foi contemporânea com a formação do depósito de talude já referido.

Supõe-se que a certos intervalos têm se repetido pequenas atividades tectônicas na região, responsáveis pelo rompimento da barreira que dava origem ao regime flúvio-lacustre, e responsáveis por falhas observadas nos sedimentos já consolidados.

5. **O Depósito de Talude** — O maciço alcalino no Itatiaia, bem como o de Passa Quatro, são corpos salientes na topografia, e os blocos rolados de suas rochas se espalham por toda a sua volta. Este foi um dos obstáculos que se nos apresentou quando fizemos o mapeamento de contorno da intrusão. Na região de Mauá encontramos blocos com 3 a 4 metros

de diâmetro a mais de 10 km de distância do contato, num desnível aproximado de 1000 m. O mesmo se dá na estrada Engenheiro Passos-Caxambu, no lado paulista, sendo que aqui os matacões provêm dos dois corpos alcalinos.

O bauxito que está sendo explorado nas imediações de Passa Quatro é proveniente dos blocos rolados derivados do corpo do mesmo nome. Como era de se esperar, os blocos mais distantes estão nos vales dos ribeirões.

Nas cabeceiras dos rios os vales são mais encaixados e estão literalmente atulhados de blocos, desde poucos decímetros até vários metros de diâmetro. Nas partes mais baixas, onde as torrentes são mais calmas, os blocos são menores em dimensões e em número; e já comparecem também os matacões de gnaisse, geralmente menores do que os de sienito. A topografia é mais suave e os vales são mais abertos, sendo pouco evidentes os perfís do seu entalhe no embasamento gnáissico, graças ao intemperismo químico intenso e a deposição de material rolado

De maior importância como sedimento de talude é o depósito do flanco sul do maciço. Foi descrito por AB'SÁBER e BERNARDES (198, p. 132 e 141) como um cone aluvial, dando uma interpretação que não aceitamos totalmente, pois estamos convictos que os fenômenos de ordem tectônica presidiram sua gênese. A escarpa de falha forneceu as condições necessárias à formação do depósito de tálus, cuja forma mostra que a descida de material por solicitação simples da gravidade foi maior que aquêle trazido pelas torrentes, o que faz com que a denominação de cone de dejeção seja apenas parcialmente verdadeira. Nota-se hoje que em alguns lugares êsse material está parcialmente retrabalhado e se confunde com os sedimentos da bacia de Resende.

Concordamos que uma origem mista explicará melhor a sua gênese, pois a escarpa de falha, no seu recuo, não conseguiria fornecer o volume de material que se observa num depósito com tais dimensões. Porém, certos fatos não conseguem ser explicados se imaginarmos apenas a ação das águas do va-

le do rio Campo Belo. O depósito tem uma forma que vai além da área da influência do talvegue do rio, acompanhando o escarpamento da serra; em certos lugares, o material depositado é extremamente grosseiro, e entre os blocos observou-se apenas nefelina-sienitos, característicos da escarpa.

Êsse depósito estende-se desde a fazenda Valparaíso (NW da cidade de Itatiaia) até as imediações do rio Bonito, afluente do rio Campo Belo. Pode ser observado entre os kms 150 e 165 da Via Dutra, nos morros a norte do Country Club (fig. 34) e próximo ao Hospital Militar.

Constitui-se de u'a mistura de blocos de dimensões variadas com detritos de rocha decomposta (fig. 35); alguns matacões alcançam 3-4 m de diâmetro, e apresentam-se salientes à superfície do terreno (fig. 36), hoje ativamente dissecado pelas águas correntes (fig. 37)

O ponto mais alto onde o sedimento foi assinalado é de 730 m, no morro a leste da fazenda Cazunga, elevação essa que obriga o ribeirão do Cazunga a descrever uma ampla curva. A sua base está a 500 m, quando se confunde com os sedimentos lacustres da bacia de Resende. Sua frente transgressiva invadiu o lago e foi parcialmente retrabalhada, sofrendo classificação e estratificação apreciáveis, o que pode ser visto nos cortes da E. F. Central do Brasil e entre os kms 160 e 163 da Via Dutra.

A área de ocorrência do depósito é estimada em pouco menos de 20 km², e a julgar-se pelas condições topográficas, em certos lugares sua espessura real poderá ultrapassar 200 m (fig. 32)

XI — A TECTÔNICA E A MORFOLOGIA DO PLANALTO

Um estudo sôbre a tectônica e o relêvo do Itatiaia estaria incompleto se não fôsse ventilado o tema da tão discutida glaciação de altitude, e cuja existência tantos têm procurado provar. Nas próximas páginas apresentaremos uma síntese das nossas observações e conclusões, de acôrdo com o nosso pro-

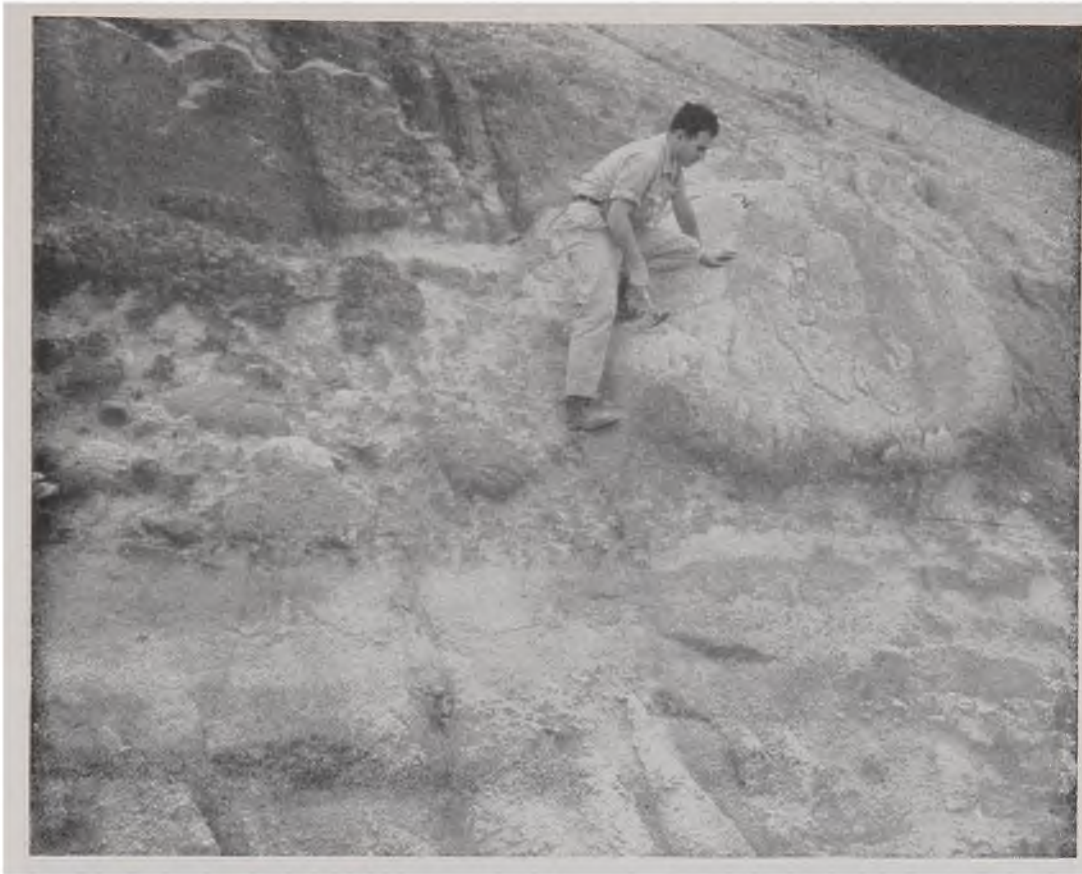


Fig. 34 — O depósito de “tálus” a norte do Country Club: estratificação parcial, blocos e decomposição esferoidal.



Fig. 35 — Detalhe do depósito de “tálus” em decomposição e atacado pela erosão (norte do Country Club).



Fig. 36 — Afloramento de “tálus” no barranco de estrada a norte do Country Club, mostrando a grande variedade de blocos.

pósito de estudar as grandes linhas morfotectônicas do corpo do Itatiaia. O problema da glaciação é tratado aqui de modo resumido, pois êsse assunto foi por nós abordado em outro trabalho*, onde a matéria é discutida nos seus pormenores.

1. **Histórico das Idéias Glaciais** — Com DE MARTONNE surgiu a idéia, publicada na França em 1940, de se explicar a morfologia do planalto com base na possível ação de geleiras. DE MARTONNE era um cientista de renome internacional, mas ainda assim emitiu a sua opinião com cautela, apenas sugerindo a possibilidade do fenômeno.

Mesmo antes da publicação do trabalho no Brasil (DE MARTONNE, 1943-44), já havia sido iniciada a especulação em

(*) A ser publicado nos Anais do Congresso Anual da Associação dos Geógrafos Brasileiros (Blumenau, 1966).



Fig. 37 — Vista do depósito de “tálus” tomada a sul do km 158 da Via Dutra (SW do Country Club); a erosão entalha ativamente o depósito. Em primeiro plano no a Via Dutra; ao fundo o maciço do Itatiaia.

torno da idéia lançada (SILVEIRA, 1942) As restrições originais foram postas de lado, e as provas da atividade glacial passaram a ser ativamente procuradas e encontradas. Infelizmente, a maioria das opiniões provieram de excursionistas que não se detiveram em estudos mais profundos. Mesmo assim, opinaram de modo a não deixar dúvidas, em favor da glaciação. E no decorrer destes últimos 20 anos perdura essa situação, exceptuando-se algumas vozes contrárias que se manifestaram na última década (DOMINGUES, 1952; ÖDMAN, 1955; TEIXEIRA, 1961)

Dos autores que trataram do problema, defendendo as idéias glaciais, alguns são nacionais outros estrangeiros, visitantes ou aqui radicados. SILVEIRA (1942) foi uma das primeiras vozes a suceder DE MARTONNE, seguido por RUELLAN (1943), RICH (1955), AB'SÁBER e BERNARDES (1958), MAACK (1957) e EBERT (1960) Dentre estes autores, as opiniões mais extremadas foram apresentadas por RICH e EBERT. O primeiro, sem nenhuma hesitação, interpreta o planalto como fruto do modelado glacial. O segundo, após pesquisar com mais vagar os depósitos no vale do rio Prêto e outros, conclui pela sua deposição como morainas.

2. Análise das Provas da Atividade Glacial — Quando se analisa com maior profundidade as provas apresentadas pelo defensores da glaciação, verifica-se que seus argumentos não são consistentes e que na realidade podem ser usados contra eles próprios. Algumas das evidências apontadas merecem uma análise mais demorada, pois de início podem nos causar alguma dúvida; outras, porém, são destituídas de qualquer fundamento, como os vales em U e tilitos.

a. **Clima** — No planalto do Itatiaia, a temperatura média mensal mais baixa é de 8°C em julho, e a mais alta é de 14°C em fevereiro. Seria necessário um abaixamento considerável da temperatura para se alcançar a linha de neve perene, considerando-se que no mês de fevereiro a média das máximas se

aproxima dos 17°C. (BRADE, 1956) Mesmo entre os propugnadores da glaciação não há acôrdo sôbre a posição da linha de neve perene no Itatiaia, durante o Pleistoceno. De qualquer forma, será difícil acreditar na perenidade do gêlo, face às variações estacionais bem marcadas.

Outra dificuldade se apresenta ao verificarmos que o inverno na região é muito sêco; seria necessário imaginar uma inversão no regime das precipitações para explicar a queda abundante de neve.

b. Altitude — As Agulhas Negras (fig. 5) têm 2787 m de altitude, mas para se falar em glaciação deve-se ponderar sôbre a elevação média do planalto, que pouco excede 2300 m. Por outro lado, não vai além de 80 km² a área que se eleva acima dos 2000 m, incluindo o planalto e áreas adjacentes, insuficientes para sustentar uma glaciação como aquela defendida por alguns. As áreas que em vários pontos isolados ultrapassam a altitude de 2500 m, somam 10 km² apenas.

c. O trabalho do gêlo — Nos dias atuais podemos notar o trabalho mecânico da água ao congelar-se durante as noites mais frias; age como um eficiente desagregador de rochas. As geleiras, como elemento dinâmico de erosão, transporte e sedimentação, não são necessárias para a interpretação das formas topográficas hoje observadas.

As formas erosivas que teriam resultado da ação do gêlo nada apresentam de típico. As sucessões de lagoas são raras e estas não se dispõem em degraus dentro de um vale em U (fig. 21) Êste tipo de vale, na realidade, não existe, e só com muito boa vontade pode ser “identificado” em alguns lugares. As várzeas do rio Aiuruóca e rio Prêto (figs. 19 e 20) jamais poderiam ter sido circos de uma glaciação de montanha, tais as suas dimensões. Os supostos “blocos erráticos” estão espalhados por todo o planalto (figs. 25 e 38), desde o fundo dos vales até o tôpo das elevações (fig. 24)

Os depósitos apontados como glaciais são inconvincentes. Se o “barro a bloco” de EBERT (1960), na região de Mauá, e o tilito de SILVEIRA (1942), nas imediações da cidade de Itatiaia (fig. 37) fôssem realmente depósitos de geleiras, o planalto inteiro e as encostas da serra mostrariam evidências indiscutíveis do trabalho erosivo do gelo. Circos glaciais típicos, vales em U, etc., estariam necessariamente presentes no relêvo, se considerarmos que as geleiras teriam se deslocado 20 km fora do planalto, até a altitude de 500 m.

3. A Importância dos Fenômenos Tectônicos — Durante a temporada em que percorremos o Itatiaia coletando dados para o presente trabalho, gradativamente evidenciou-se a fragilidade das idéias glaciais; por outro lado, firmou-se a nossa convicção de que a erosão, auxiliada pelo intemperismo físico e químico, modelou o relêvo, seguindo as condições impostas pelos elementos estruturais.

O abatimento da parte superior da intrusão originou a grande muralha externa, emoldurando o divisor deprimido que é hoje o planalto. Apesar dos falhamentos terciários e do trabalho das três drenagens que conseguiram penetrar a área rebaixada, ainda hoje se faz presente a influência do fenômeno de colapso; várzeas, charcos e “drenagem desorganizada”

No diaclasamento das rochas alcalinas reside a chave do problema. O grande número de fraturas (fig. 5) favorece o aparecimento de uma infinidade de blocos de dimensões variadas, espalhados por todo o planalto (figs. 24 e 38). As direções preferenciais de diáclases interferem na formação de expressões topográficas de menor amplitude: “acamamento” (fig. 27), lombadas (fig. 23), degraus e soleiras (fig. 16). Alguns riachos têm seu curso determinado por direções de diáclases, enquanto certas lagoas parecem ter suas águas lentamente drenadas através das fraturas (figs. 38 e 39)

Os falhamentos do Terciário superior, além da origem do vale do Paraíba, também afetaram o maciço alcalino, abatendo o flanco sul da estrutura anelar e dando origem ao vale dos



Fig. 38 — Lagoa Bonita (uma das 4 lagoas do conjunto). Destaca-se o papel da vegetação (**Cortaderia**) e das rochas diaclasadas na formação da mesma. Ao fundo, as Prateleiras.

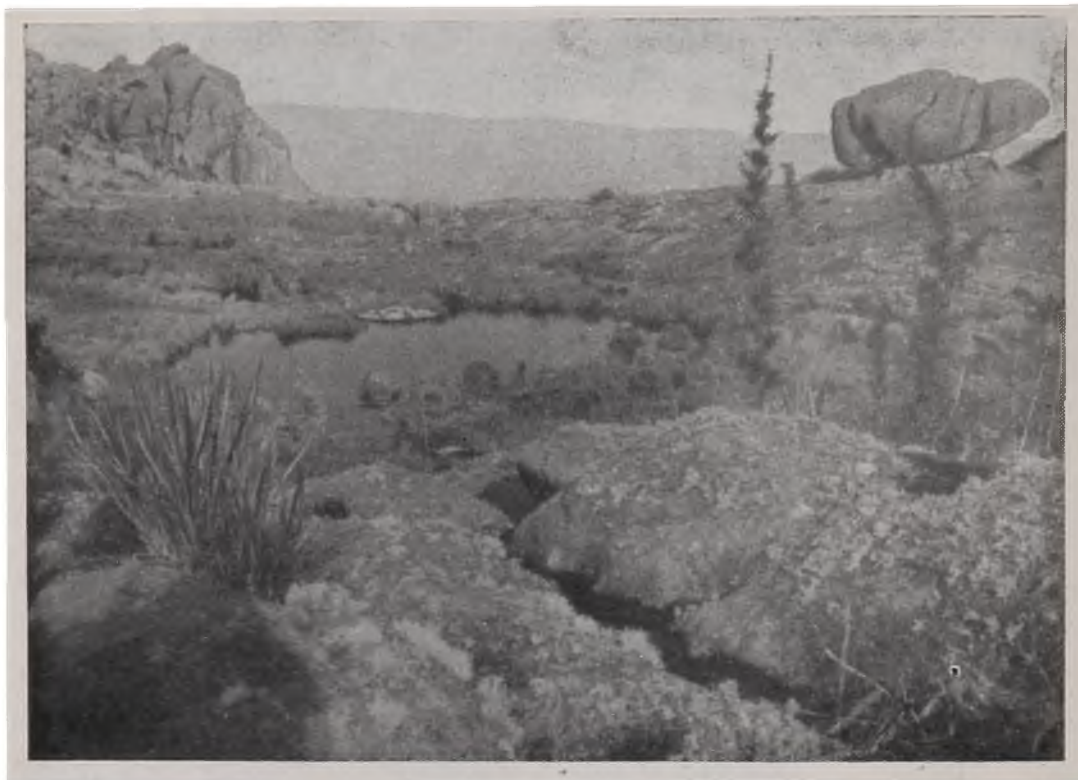


Fig. 39 — Lagoa Dourada (a norte das Prateleiras), em zona muito diaclasada. Ao fundo, à direita, a Tartaruga; em primeiro plano, à esquerda, **Xiris**; à direita, **Chusquea**.

Lírios. Como consequência mais importante deste tectonismo formou-se a bacia de Resende e o depósito de talude, associado à escarpa de falha e ao vale do rio Campo Belo (fig. 37).

XII — CONCLUSÕES

1. As rochas alcalinas do Itatiaia afloram em 3 corpos: Itatiaia, com 220 km²; Passa Quatro, com 110 km²; Morro Redondo, com 5 km². A área total é muito menor do que se imaginava (1450 km²) e deve situar-se em 6.º lugar, no âmbito mundial.

2. As rochas alcalinas não se estendem para oeste da cidade de Passa Quatro. Na serra da Bocaina não foi confirmada a sua presença.

3 A intrusão se deu através do deslocamento do teto para cima, ao longo de falhas “verticais” conforme parecem indicar os contatos.

4. A brecha magmática estudada é intrusiva, talvez do tipo chaminé (“pipe”) Acreditamos que no final da consolidação, os gases acumulados em grande quantidade forçaram a sua intrusão, englobando o material triturado no processo.

5. Os diques de rochas alcalinas anotados não guardam uma disposição radial com respeito à intrusão; parecem obedecer às direções tectônicas regionais ENE e WNW

6. No corpo do Itatiaia são bastante evidentes algumas características estruturais: arcos concêntricos e elementos retilíneos, afetando o comportamento da drenagem. Diques anulares estão ausentes.

7 Falhamentos de grande extensão foram anotados através de evidências fisiográficas, destacando-se: falhas circulares, ligadas à gênese da depressão do planalto (contemporâneas da intrusão), e o vale dos Lírios e a escarpa Couto-Prateleiras (de idade terciária) Em conjunto, os falhamentos são os responsáveis pelos grandes traços da morfologia.

8. O diaclasamento intenso condiciona os aspectos menores da topografia e permite o aparecimento de matações em grande quantidade, espalhados pelo planalto e encostas da serra.

9. A estrutura regional do embasamento cristalino parece ter comandado os fenômenos geológicos mais modernos, conforme a idéia de Cloos; as direções de fraqueza ENE e NW favoreceram a penetração do escudo pelas rochas alcalinas e os fraturamentos posteriores.

10. Os corpos de rochas alcalinas da região são contemporâneos e consanguíneos, sendo muito provável a união entre os maciços do Itatiaia e Passa Quatro na profundidade. A idade da intrusão é considerada jura-cretácea segundo o conceito tradicional, mas recentemente há indícios de que pode ser até do Neocretáceo.

11. A diferenciação magmática foi a responsável pela origem do magma alcalino; e por diferenciação surgiram os diferentes tipos petrográficos estudados no maciço do Itatiaia, localizando-se as rochas mais ácidas na parte central do tampo da intrusão.

12. Ao final da consolidação, por ocasião do "mise-en-place" da brecha magmática, e como conseqüência do mesmo, sobreveio o colapso do tampo do corpo do Itatiaia, originando as estruturas anelares e a depressão do planalto.

13 O depósito de talude está relacionado à escarpa do falhamento que deu origem ao vale do Paraíba e bacia terciária de Resende, bem como ao regime torrencial do rio Campo Belo; é considerado por nós como um depósito misto: tálus e cone de dejeção. É contemporâneo da bacia de Resende, pois sua frente transgressiva confundiu-se com os sedimentos da mesma.

14. A idéia de uma glaciação de altitude no Itatiaia não nos parece cabível, pois as provas anteriormente apresentadas são inconsistentes. Os fenômenos tectônicos explicam com muito mais propriedade a morfologia da região.

15 Os depósitos de bauxito existentes provêm principalmente de blocos rolados; porém, já foi assinalado no corpo de Passa Quatro, minério proveniente da rocha "in situ"

XIII — BIBLIOGRAFIA

1. AB'SÁBER, A. N. e BERNARDES, N. (1958): Vale do Paraíba, serra da Mantiqueira e arredores de São Paulo, Guia da exc. n.º 4, XVIII Congr. Intern. Geogr. (1956), Cons. Nac. Geogr., Rio de Janeiro.
2. BACKLUND, H. J. (1933): On the mode of intrusion of deep-seated alkaline bodies, Bull. Geol. Inst. Upsala, v. 24, p. 1-24.
3. BARTH, R. (1957): A fauna do Parque Nacional do Itatiaia, Min. Agric., Serv. Flor., P. Nac. It., Bol. n.º 6, Rio de Janeiro.
4. BJÖRNBERG, A. J. S. (1959): Rochas clásticas do planalto de Poços de Caldas, Bol. Fac. Fil., Ciên. Letr., Univ. S. Paulo, n.º 237, Geologia n.º 18, 57 p., São Paulo.
5. BRADE, A. C. (1956): A flora do Parque Nacional do Itatiaia, Min. Agric., Serv. Flor., P. Nac. It., Bol. n.º 5, Rio de Janeiro.
6. BOWEN, N. L. (1928): The evolution of igneous rocks, Princeton University Press, Princeton, N. J., 332 p.
7. CHAPMAN, R. W. e CHAPMAN, C. A. (1940): Cauldron subsidence at Ascutney Mountain, Vermont, Bull. Geol. Soc. Amer., v. 51, n.º 2, p. 191-211.
8. CHAPMAN, R. W. (1935): Percy ring-dike complex, Amer. Jour. Sc., v. 30, n.º 230, p. 401-431.
9. DALY, R. A. (1918): Genesis of the alkaline rocks, Jour. Geol., v. XXVI, n.º 2, p. 97-134.
10. ——— (1933): Igneous rocks and the depths of the earth, McGraw-Hill Book Company, Inc., 598 p., New York.
11. DERBY, O. A. (1887): On nepheline rocks in Brazil, with special reference to the association of phonolite and foyaites, Quart. Jour. Geol. Soc., v. 43, p. 457-473.
12. DOMINGUES, A. J. P. (1952): Maciço do Itatiaia, Rev. Bras. Geogr., ano XIV, n.º 4, p. 463-471, Rio de Janeiro.
13. DUSEN, P. (1905): Sur la flore de la Serra do Itatiaia, Arq. Mus. Nac., v. XIII, p. 5-6, Rio de Janeiro.
14. DURRELL, C. (1944): Andesitic breccia dikes near Blairsden, California, Bull. Geol. Soc. Amer., v. 55, n.º 3, p. 255-272.
15. EBERT, H. (1960): Novas observações sobre a glaciação pleistocênica na serra do Itatiaia, Nota preliminar, Anais da Ac. Bras. Ciênc., v. 32, n.º 1, p. 51-73, Rio de Janeiro.

16. ELLERT, R. (1959): Contribuição à geologia do maciço alcalino de Poços de Caldas, Bol. Fac. Fil., Ciênc. Letr., Univ. S. Paulo, n.º 237, Geologia n.º 18, 63 p. São Paulo.
17. FISHER, R. V (1958): Definition of volcanic breccia, Bull. Geol. Soc. Amer., v 69, n.º 8, p. 1071-73.
18. FREITAS, R. O. de (1944): Jazimentos das rochas alcalinas no Brasil Meridional, Min. Met., v VIII, n.º 43, p. 45-58, Rio de Janeiro.
19. ——— (1947): Geologia e petrologia da ilha de S. Sebastião, Bol. Fac. Fil., Ciênc. Letr., Univ S. Paulo, n.º 85, Geologia n.º 3, 244 p., São Paulo.
20. ——— (1951): Ensaio sobre a tectônica moderna do Brasil, Bol. Fac. Fil., Ciênc., Letr., Univ. S. Paulo, n.º 130, Geologia n.º 6, 120 p., São Paulo.
21. ——— (1951): Ensaio sobre o relêvo tectônico do Brasil, Rev Bras. Geogr., ano XIII, n.º 2, p. 171-222. Rio de Janeiro.
22. GATES, O. (1959): Breccia pipes in the Shoshone Range, Nevada, Econ. Geol., v. 54, n.º 5, p. 790-815.
23. GUIMARÃES, D. (1947): Origem das rochas alcalinas, Inst. Tec. Ind. Minas Gerais, Bol. n.º 5, 103 p., Belo Horizonte.
24. KINGSLEY, L. (1931): Cauldron subsidence of the Ossipee Mountains, Amer. Jour. Sc., 5th Ser., v. 22, n.º 222, p. 139-168.
25. LAMEGO, A. R. (1936): O maciço do Itatiaia e regiões circundantes, Dep. Nac. Prod. Min., Div. Geol. Min., Bol. 88, 93 p., Rio de Janeiro.
26. LASAULX, A. von (1885): Ueber das Vorkommen von Elaeolith-Syeniten und editen zu diesen gehoringen Elaeolith porphyren aus der Serra d'Itatiaia westlich von Rio de Janeiro, Brasilien, Niederreinischen Gesels. Sitzungsbericht 1885, p. 231-323, Bonn.
27. LEINZ, V (1940): Petrologia das jazidas de apatita de Ipanema (Est. S. Paulo), Dep. Nac. Prod. Min., Div. Fom. Prod. Min., Bol. n.º 40, 52 p., Rio de Janeiro.
28. ——— (1949): Contribuição à geologia dos derrames basálticos do sul do Brasil, Bol. Fac. Fil., Ciên. Letr., Univ. S. Paulo, n.º 103, Geol. n.º 5, 61 p., São Paulo.
29. MAACK, R. (1957): Ueber quartaere Vereisungsspuren am Itatiaia-Massiv, Geol. Rund., v. 45, n.º 3, p. 582-595, Stuttgart.
30. MARTIN, H., MATHIAS, M. and SIMPSON, E. S. W (1960): The Damaraland sub-volcanic ring complexes in South West Africa, XXI Intern. Geol. Congr., pte. XIII, p. 156-174, Copenhagen.

31. MARTONNE, E. de (1943-44): Problemas morfológicos do Brasil tropical atlântico, Rev Bras. Geogr., ano V, n.º 4, pp. 523-550 e ano VI, n.º 2, p. 155-178, Rio de Janeiro.
32. MAU, H. e COUTINHO, J. M. V. (1959): Um veio carbonático com Terras Raras e Tório no maciço de Itatiaia, Rio de Janeiro, Bol. Soc. Bras. Geol., v. 8, n.º 1, p. 51-62, São Paulo.
33. MAULL, O. (1930): Von Itatiaya zum Paraguay, Leipzig.
34. MENESCAL CAMPOS, J. (1941): Calcário dolomítico nas cercanias de Volta Redonda, Estado do Rio, Min. Met., v. V, n.º 29, p. 212-16, Rio de Janeiro.
35. MODELL, D. (1936): Ring-dike complex of Belknap Mountains, New Hampshire, Bull. Geol. Soc. Amer., v. 47, n.º 12, p. 1885-1932.
36. ÖDMAN, O. H. (1955): On the presumed glaciation in the Itatiaia Mountains, Brazil, Eng. Min. Met., v. XXI, n.º 123, p. 107-108, Rio de Janeiro.
37. PAES LFME, A. B. (1923): Notas geológicas sôbre o maciço do Itatiaia, Museu Nacional, v. I, p. 31-34, Rio de Janeiro.
38. PARSONS, W. H. (1960): Origin of terciary volcanic breccias, Wyoming, XXI Intern. Geol. Congr., pte. XIII, p. 139-146, Copenhagen.
39. PENALVA, F. (1962): Brecha magmática no Itatiaia, Bol. Soc. Bras. Geol., v. 11, n.º 1, p. 117-122, São Paulo.
40. PINTO, M. S. (1938): Descoberta de ocorrência de bauxita no Itatiaia, Min. Met., v. III, n.º 15, p. 183-184, Rio de Janeiro.
41. RIBEIRO FILHO, E. (1966): Geologia e petrologia dos maciços alcalinos do Itatiaia e Passa Quatro (Sudeste do Brasil), Tese de Doutorado apresentada à Fac. Fil., Ciên. e Letras da U. S. P. (Vide a parte inicial dêste Boletim)
42. RIBEIRO FILHO, R. (1948): Caracteres físicos e geológicos da bacia do Paraíba, Dep. Nac. Prod. Min., Div. Geol., Min., Bol. 127, 55 p., Rio de Janeiro.
43. RICH, J. L. (1953): Problems in Brazilian geology and geomorphology suggested by reconnaissance in summer of 1951, Bol. Fac. Fil., Ciên. Letr., Univ. S. Paulo, n.º 146, Geol. n.º 9, p. 53-58, São Paulo.
44. ROSS, C. S. e SMITH, R. L. (1961): Ash Flow tuffs: their origin, geologic relations and identification, Geol. Surv. Prof. Pap. n.º 366, 81 p.

45. RUELLAN, F (1943): Comunicação sôbre a excursão a Campo Belo e Itatiaia, Bol. Geogr., ano I, n.º 7, p. 76-80, Rio de Janeiro.
46. SHAND, S. J (1929) The geology of Pilansberg in the western Transvaal: A study of alkaline rocks and ring-intrusions, Trans. Geol. Soc. South Africa, v 31, p. 97-156.
47. SILVA, J F da (1876): Descrição do Itatiaia ou Itatiaio, Inst. Geogr. Ethnogr. Bras., t. XXXIX, parte I, p. 413-418, Rio de Janeiro.
48. SILVEIRA, J D. da (1942): Itatiaia, Anais do 9.º Congr. Bras. Geogr. v II, p. 607-619, Rio de Janeiro.
49. TEIXEIRA, D. (1961): Relêvo e padrões de drenagem na chaminé vulcânica do Itatiaia, Bol. Paul. Geogr., n.º 37, p. 3-12, São Paulo.
50. VOROBIEVA, O. A. (1960): Alkali rocks of the U.S.S.R., XXI Intern. Geol. Congr., pte. XIII, p. 7-17, Copenhagen.