NÃO CIRCULA

Geologia da Região do Itatiaia:
(Sudeste do Brasil)
Morfologia e Tectônica

DEDALUS - Acervo - IGC

30900013588

FAUSTINO PENALVA

- 1963 -

Amaluzide

FACULDADE DE FILOSOFIA CIÊNCIAS E LETRAS
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

GEOLOGIA DA REGIÃO DO ITATIAIA:
(SUDESTE DO BRASIL)
MORFOLOGIA E TECTÔNICA

(Tese de Doutorado)

Oliv. A. Leucos

Faustino Penalva

V. G. 4.
Dr. E. Colbert

1963

Secret. (Arg.)

ÍNDICE

	Pg.
I - INTRODUÇÃO.....	1
II - TRABALHOS ANTERIORES.....	3
III - MÉTODOS DE TRABALHO.....	4
IV - GEOLOGIA REGIONAL.....	5
1. O Gnaíse do Embasamento Cristalino.....	6
2. As Rochas Alcalinas.....	7
3. Sedimentos Terciários de Resende.....	7
4. Aluviões do Rio Paraíba.....	8
V - OS CORPOS INTRUSIVOS DA PROVÍNCIA ALCALINA DO ITATIAIA	8
1. O Maciço do Itatiaia.....	8
2. O Maciço de Passa Quatro.....	9
3. O Morro Redondo.....	9
4. Pesquisa de Outros Eventuais Corpos.....	10
5. A Área de Ocorrência das Rochas Alcalinas.....	11
VI - O CORPO ALCALINO DO ITATIAIA.....	12
1. Sua Localização e Acesso.....	12
2. As Elevações e a Drenagem.....	13
3. Condições Climáticas da Região.....	14
4. A Forma do Corpo e o traçado dos Contatos.....	15
VII - FENÔMENOS DECORRENTES DA INTRUSÃO.....	17
1. O Gnaíse.....	17
2. Diques.....	19
3. Xenólitos de Gnaíse Dentro das Rochas Alcalinas...	23
4. O Nordmarkito.....	24
VIII - BRECHA MAGMÁTICA.....	25
1. Os Corpos de Brecha e a Extensão da Ocorrência.....	25
2. Estruturas Fluidais.....	28
3. Alterações Mineralógicas no Final da Consolidação..	28
IX - GEOLOGIA ESTRUTURAL DO CORPO DO ITATIAIA.....	30
1. As Grandes Estruturas do Relêvo.....	30
2. O Diaclasamento das Intrusivas.....	32
3. O Falhamento das Intrusivas.....	34
X - A TECTÔNICA REGIONAL E A GÊNESE DOS CORPOS ALCALINOS..	36
1. A Herança Pré-cambriana.....	37
2. Os Levantamentos Epirogenéticos.....	38
3. O Magma Basáltico e as Intrusões Alcalinas.....	39
4. O Planalto Cretáceo e o Tectonismo Terciário.....	41

XI - CONSIDERAÇÕES SOBRE ALGUMAS FASES DA HISTÓRIA DA INTRUSÃO.....	42
1. A Intrusão, o Espaço e a Idade.....	43
2. O Resfriamento e os Tipos Petrográficos.....	45
3. A Fase de Colapso e a Brecha Magnética.....	46
4. Os Falhamentos Terciários e o Vale do Paraíba.....	48
5. O Depósito de Talude.....	50
XII - A MORFOLOGIA DO PLANALTO E SUA INTERPRETAÇÃO.....	52
1. Aparecimento e Evolução do Problema.....	52
2. Argumentos Contrários a uma Glaciação Pleistocênica....	53
a) Altitude e clima.....	53
b) Intemperismo.....	54
c) Topografia e drenagem.....	54
d) Depósitos glaciais.....	55
3. A Tectônica como Base da Interpretação.....	57
XIII - RESUMO.....	59
XIV - BIBLIOGRAFIA.....	62

GEOLOGIA DA REGIÃO DO ITATIAIA (SUDESTE DO BRASIL):

MORFOLOGIA E TECTÔNICA

I - INTRODUÇÃO

Nos dias de hoje ainda é consideravelmente grande o interesse geológico pelos corpos de rochas 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 os maiores jazimentos alcalinos 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, 16*), 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, (23), LEINZ em Ipanema (25), FREITAS em São Sebastião (17), e mais modernamente ELLERT e BJÖRNBERG em Poços de Caldas (4 e 15), 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 no Itatiaia, à luz de novas observações por nós efetuadas. Para tanto, dispendemos longo tempo em

(*) - Vide número da citação bibliográfica no fim do trabalho.

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 interesse 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, 23).

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 SE-NW estendendo-se desde as imediações de Cruzeiro e Passa Quatro a leste, até a cidade de Itatiaia a oeste. Ao norte e ao sul acompanham os altos da serra da Mantiqueira, sendo responsáveis pela agressividade da topografia, principalmente ao sul, no vale do rio Paraíba. Um corpo menor situa-se entre Florianópolis e Bulhões, na margem direita do Paraíba, pouco além de Resende (fig. 2).

* * *

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 P.N.I., bem como aos Srs. Helio Gouveia e Fer-

nando Ribeiro, funcionários do P.N.I., pelas facilidades concedidas; aos colegas Reinhold Ellert pelas discussões proveitosas e Mauro Ricci pelo auxílio na complementação do mapa, ao Prof. 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 (45), porém a primeira referência geológica é atribuída a LASAULX (24), o qual tõe 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 (11), excursionando pela região, descreve as rochas como sendo foiaítos de aspecto granítico, fonólito e outras rochas nefelínicas. PAES LEME (35), e MAULL (32) publicaram breves notas geológicas da região, este último com as primeiras observações geomorfológicas. LAMEGO (23) 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 (38). Com DE MARTONNE (30) 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 (46), RUELLAN (43) e RICH (41). RIBEIRO FILHO (40) ao estudar o vale do Paraíba, e FREITAS (18 e 19) ao desenvolver novas idéias sobre a tectônica brasileira, fornecem novos subsídios à interpretação do Itatiaia. DOMINGUES (12) nos deu algumas idéias novas sobre a geologia do maciço, enquanto AB'SABER e BERNARDES (1) alinham uma série de elementos

geomorfológicos e tectônicos de valor, dos quais nos valeremos em momento oportuno, dentro deste trabalho. ODMAN (34), foi uma das poucas vozes a levantar-se contra os defensores da glaciação pleistocênica, apoiando-se em argumentos bastante sólidos. MAU e COUTINHO (31) estudam com pormenores a ocorrência de um veio carbonático, rico em minerais radioativos e terras raras, a primeira desta natureza até agora conhecida. Recentemente, EBERT (14) volta a argumentar em favor da presença de evidências glaciais, estudando os presumíveis depósitos de origem glacial na bacia do Rio Preto, região de Mauá. Finalmente, TEIXEIRA (47) 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 dada 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 esse 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 na escala de 1:25.000 usando-se a triângulação radial semi-cor-

rida.

Em virtude da topografia acentuada 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 rede de drenagem é extremamente rica, o que nos levou a suprimir 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 RIBEIRO FILHO (39), 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 na serra da Mantiqueira, confirmando o desmembramento do maciço do Itatiaia em dois corpos e verificando a inexistência de um terceiro corpo a oeste.

Na etapa seguinte procuramos verificar a suspeita da existência de rochas alcalinas na Serra da Bocaina. Em seguida, após tratar dos 3 corpos alcalinos em conjunto (vide pag. 8), restringimo-nos ao corpo do Itatiaia, no qual, daí por diante, fizemos várias observações de natureza morfológica e tectônica.

IV - GEOLOGIA REGIONAL

O maciço alcalino do Itatiaia, fisiograficamente pertence ao sistema montanhoso da serra da Mantiqueira, destacando-se topograficamente na fronteira de Minas, Rio de Janeiro e São Paulo. Chama a atenção pela imponência de suas saliências rochosas, tendo nas Agulhas Negras e na Pedra do Couto as suas maiores expressões. Representa uma intrusão de magma alcalino, formando um maciço cujas rochas logo chamaram a atenção de leigos e geólogos, pelo contraste facilmente observado quando comparadas ao gnaiss do embasamento 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 frequente entre os corpos magmáticos alcaliños e as áreas estáveis dos escudos cristalinos pré-cambrianos que os contêm.

A gnaissificação segue uma direção que é constante para a região, qual seja a de N45-70E e mergulho 40-60S. Foram anotadas algumas leituras com direção NW e mergulho para o 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 interpretação genética do corpo magmático, quando estudarmos o mecanismo da intrusão.

Apesar de considerarmos a petrografia do embasamento em conjunto como sendo gnaissê, é conveniente assinalarmos algumas variações que foram observadas 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, anfibólio e piroxênios são facilmente identificáveis. Podem ser examinados ao longo da Via Dutra, estrada Engenheiro Passos-Caxambú e estrada Resende-Mauá.

Encontramos em dois lugares, fazenda Itamar Moreira a NE do maciço de 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 gnaissê que nos chama a atenção pode ser encontrado na fazenda Penedo e nas terras da fazenda Dois Irmãos. Nesta 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 piroxênios (30%) bem formados que atingem até 5mm, e em tudo su

gerem um enriquecimento metassomático com material fornecido pelo magma.

2. As rochas alcalinas - Cronologicamente, segue o objeto principal destes estudos, o corpo ígneo alcalino (vide mapa geológico). A sua petrografia é pouco diversificada.

Em toda a periferia, onde predominam as altitudes mais modestas, as rochas podem ser, em conjunto, classificadas como nefelina-sienito, de uma 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 ao 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. Da entrada 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 30% de nefelina rosada.

Na parte superior do maciço, também conhecida por planalto, encontramos mais dois tipos petrográficos: um quartzo-sienito de composição variada e uma brecha magmática, provavelmente de conduto. O quartzo-sienito ocupa a maior parte do planalto, abrangendo uma área de contorno grosseiramente circular. A abundância do quartzo é maior na região das Agulhas Negras e abrigo Repouças, diminuindo gradativamente para a periferia da região. A brecha magmática, associada geneticamente a rochas alcalinas de textura traquítica, porfirítica e afanítica, ocupa a região noroeste das Agulhas Negras, na bacia hidrográfica do rio Aiuruóca. Diques de tinguaito afaníticos e porfiríticos foram assinalados com frequência dentro do maciço alcalino e na encaxante periférica.

Para situarmos-nos no tempo geológico, adiantamos que os autores dão para o Itatiaia idade Jura-Cretácica.

3. Sedimentos terciários de Resende - Na sua parte sudeste as rochas magmáticas entram em contato com os sedimentos pertencentes à bacia terciária de Resende. Estes sedimentos sofreram na sua parte ocidental a interferência dos depósitos de talus, que derivaram das encostas do maciço formando 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 contato entre o gnaiss e o foliáto, e ainda interferindo na sequência 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.

Lembramos ainda que seremos obrigados a voltar a certos fatos aqui tratados somente de passagem, bem como aos problemas que foram apenas sugeridos.

4. Aluviões do Rio Paraíba - Não muito além, rumo ao sul, estão os depósitos aluvionares quaternários do rio Paraíba, que divaga mansamente por entre colinas de gnaiss, 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 (12, pp. 463).

Para o geólogo, Itatiaia sugere uma expressão mais ampla, onde vários corpos magmáticos alcalinos, encaixados no gnaiss do 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).

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 (23) 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" (23, pp. 17), a chamada serra de Queluz. Mas foi observado por AB'SABER (1, pp.

-9-

130) e confirmado pelo nosso mapeamento (figs. 3 e 5) que existe, pelo menos à superfície, uma faixa de gnaísse 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.

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 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'SABER E BERNARDES. Estes dois últimos autores deram (1, pp. 130) como limite das alcalinas a oeste, a garganta do Embaú. Pelo que podemos interpretar, referiam-se eles à depressão morfológica da serra da Mantiqueira, por onde passa hoje a estrada ligando Lorena a Itajubá.

É um corpo de contôrno "elíptico", com algumas irregularidades, e acompanha a crista da Mantiqueira, ao norte de Que-luz 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 km^2 , e sua seqüência de elevações tem picos que se aproximam dos 2.500 m, principalmente na parte leste, onde se destacam o pico dos Três Estados e o pico Cupim de Boi.

O tipo petrográfico é uniforme em quase toda a região, ou seja, um nefelina-sienito de granulação centimétrica, rico em piroxênio, 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 cores cinza e branca, achando-se presentes na mesma rocha, conferindo-lhe uma aparência variegada. Rochas porfiríticas e afaníticas também são encontradas, mas em áreas restritas. Nordarlito ou quartzo-sienito não foram encontrados. Percorrendo a nova estrada que sai do Engenho de 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 (23), 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 840 m enquanto sua base está a 425 m, em contato 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 PNI, 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 ampla curva para o lado norte do vale. Está localizado, com respeito ao clima e topografia, em condições muito apropriadas para o desenvolvimento de bauxita. E é o que realmente acontece. No seu topo e também nos flancos, o solo e grande parte dos blocos menores são bauxita típica.

Com respeito à ocorrência de minério de alumínio proveniente da alteração das rochas alcalinas, a sua presença já foi assinalada em 1938 por SILVA PINTO (38). Analisou amostras provenientes da região do talus (pág.51), 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 da alteração de blocos rolados.

Descobriu-se há pouco bauxita proveniente da rocha "in situ", abaixo da cota de 1200 m, 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 DERBY (11,

pp. 460) nos levaram a considerar a hipótese de um 4º corpo, o qual ocuparia o extremo ocidental da área, entre o túnel da Rê de 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, 47).

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 (11, pp. 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 15 m. O funcionário do PNI, Jorge Spaner, velho conhecedor da região, assegurou-nos que "nunca foi visto foiaito 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 tálus 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 gnaiss, 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 dificul-

dade da obtenção de mapas, 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 330 km^2 para a totalidade das rochas magnéticas 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 km^2 . Assim, em vez do pretendido 2º lugar entre os corpos alcalinos mundiais, estaremos talvez colocados além do 10º lugar. O corpo do Itatiaia conta com 220 km^2 , enquanto Poços de Caldas ocupa uma área de 800 km^2 .

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 $44^\circ 34' \text{W}$ e $44^\circ 50' \text{W}$, e os paralelos de $22^\circ 18' \text{S}$ e $22^\circ 29' \text{S}$. As Agulhas Negras, seu ponto mais conhecido e situado no coração do maciço (fig. 6), estão assim localizadas: $44^\circ 40' \text{W}$ e $22^\circ 23' \text{S}$. Tais dados baseiam-se nos mapas da Academia Militar das Agulhas Negras, de Resende.

O maciço do Itatiaia pertence simultaneamente aos estados 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.

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

retransmissor da televisão Tupi, canal 6. Usando-se a montaria, pode-se ir do abrigo Macieiras ao abrigo Massena, e deste 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-Caxambú. 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 aberta 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 2.787 m de altitude, dominam o planalto do Itatiaia, no qual as elevações oscilam próximo aos 2.300-2.500 m. Em 2º lugar destaca-se a Pedra do Couto, com 2.682 m, vindo a seguir o pico do Marombas, com 2.607 m (fig. 7). Em 4º lugar está a elevação da Serra Negra, na margem direita do rio Aiuruóca, com 2.560 m. As Prateleiras (fig. 8) colocam-se em 5º lugar com 2.515 m. 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 estimada acima de 2.500 m; na região leste, os Dois Irmãos, com aproximadamente 2.400 m, e os Três Picos, com pouco além de 1.700 m.

Dos altos do Itatiaia descem as águas correntes dispersadas por este divisor, e que buscam duas bacias distintas: a do rio Paraíba e a do rio Grande (fig. 9). O rio Preto drena a área NE do maciço, e deságua no rio Paraíba. No rumo SE destaca o mais importante deles, o rio Campo Belo, cujo formador principal é o ribeirão das Flores, 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. Este 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 deles estão assinalados no mapa da figura 9.

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 este sistema de drenagem são comandados por fenômenos tectônicos, dos quais nos ocuparemos em momento oportuno (cap. IX).

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 deste 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 2.400 mm. Durante dias seguidos as nuvens carregadas de umidade envolvem a crista da serra. Do fim de abril ao início de outubro, as chuvas são muito escassas, proporcionando 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 seca, o dia claro e ensolarado ou a friagem 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 máxima mensal 13°C em janeiro, e média mínima mensal de 8°C em julho. Nas noites mais frias deste mês se tem registrado - 6°C. Nessas ocasiões o gelo 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 600 m; a mata tropical e sub-tropical, entre 600 e 2100 m; e daí para cima, os campos do planalto, "paisagem que não pode deixar de ser considerada como sub-alpina" (BARTH, 3). Nêle dominam a Chusquea pinifolia, espécie de pequeno bambu conhecido por Crisciuna bengala, e a Cortaderia 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 Cortaderia cresce em formações densas e quase puras, originando um solo turfoso muito preto.

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 alcalina mundial, 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 contorno suave, talvez pela cobertura do depósito de talus que aí ocorre. Uma observação mais atenta do mapa geológico também nos mostra que o arco descrito pelo contato ao norte das Agulhas Negras encontra em oposição um esboço de arco no lado sul, na zona de drenagem dos ribeirões do Carrapato e Itatiaia. Baseados nestes elementos geométricos, podemos perceber uma forma elíptica com eixo maior N-S circundando o planalto o quartzo sienito, e com centro nas imediações das Agulhas Negras.

Acreditamos que essa irregularidade seja mais uma consequência da topografia, pois o relêvo acidentado nos dá uma falsa impressão do contorno da intrusão. Nos países do hemisfério norte muitos dos corpos alcalinos foram arrasados pela erosão glacial quaternária, e exibem hoje contornos bastante regulares. Na África sudoeste, o efeito da erosão produziu o meg

no 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 gnaíse 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 avançando até quilômetros sobre o gnaíse 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 Marinbondo, 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 encaixoeirados, com o leito coalhado de blocos de todos os tamanhos. Poucas 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 apóio dois fatos significativos: 1º) O corpo alcalino ressalta-se topograficamente, após uma quebra acentuada nas imediações ou coincidindo com o contato, o que foi constatado em alguns casos. 2º) 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, o quartzo-sienito e a brecha mag

mática. 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. O quartzo-sienito, por seu turno, não tem 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.

VII - FENÔMENOS DECORRENTES DA INTRUSÃO

1. O Gnaisse - 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, 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 gnaisse 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 es-

trilhar 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 um modo geral, a intrusão praticamente não perturbou a atitude preferencial da encaixante.

O diaclasamento do gnaíse é comum na região, mas pudemos 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 gnaíse 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 Nº 1 - Falhas no Gnaíse

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

O problema da atitude dos contatos entre o corpo intrusivo e gnaíse 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 erro existente no traçado dos limites.

Em outros pontos do contorno 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 para a Capelinha, e também nas imediações desta. As rochas alcalinas desaparecem sob o gnaiss 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 veios de quartzo e intrusões desordenadas de pequenos diques. Na descida para a Vargem Grande, partindo-se do Brejo da Lapa, com grande frequência encontramos blocos decimétricos de gnaiss 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 no roeste. Também na região leste, entre o rio Marimbondo e o rio Santo Antônio, a fotografia aérea mostra uma provável saliência de gnaiss deitada sobre 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 encaixante é consideravelmente mais baixa quanto à topografia, estando sujeita a condições mais favo-

TABELA Nº 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 Marti nelli	N75E vertical	1 m	Rocha clara, alterada, granulação fina
Jardim Marti nelli	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

TABELA Nº 3 - DIQUES ENCAIXADOS NAS ROCHAS ALCALINAS

Localização	Direção e Mergulho	Espessura	Tipos de rocha
Norte do Hotel Monte Parnaso	N45E vertical	4 m	Tinguaíto escuro (brechoide) com pseudo-leucita
Pedra Furada	N85W vertical	?	Tinguaíto (brechoide ?)
Pedra Furada	N85W vertical	0,5 m	Rocha afanítica, decomposta, arroxeadada
Leste da várzea do Aiuruoca	N40W 60S	1 m	Tinguaíto cinza-amarelado
Norte do Leão	N45E vertical	4 m	Tinguaíto 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	Tinguaíto 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 Aiuruoca	N60W vertical	4 m	Nordmarkito, amarelo-rosado
Vargem Grande	N25E vertical	1 m	Rocha decomposta, fina, amarelada

ráveis ao intemperismo químico;

c) pelas próprias condições genéticas que, como se espera, submeteram o corpo em intrusão a fases de agitação, com o consequente fraturamento das partes já solidificadas, permitindo a localização dos corpos tabulares.

Nota-se alguma diferença nas cores e texturas dos diques introduzidos fora ou dentro do maciço. No gnaiss predominam os de cores mais escuras, alguns deles provavelmente de diabásio. São por vezes porfiríticos, 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, eles se apresentam de modo mais uniforme, e com características bem marcadas: cor cinza-claro, levemente rosada ou arroxeada. 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 contêm. Na área da brecha, onde os diques são frequentes, apresentam granulação fina. Dentro da área do planalto eles 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 talvez por uma zona de dique com textura porfirítica bem desenvolvida, sem quartzo visível e fluorita em pequena quantidade.

Quando estão localizados no gnaiss, sua concordância com a gnaissificação parece ser puramente accidental, 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.

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 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 ficou bem evidenciada em três lugares: na descida para a Serra Negra, logo 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 amarelo-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 da 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.

Algumas vezes tivemos dificuldade em decidir se um corpo tabular decomposto era um dique ou uma zona milonitizada com os limites bem definidos. Tal ocorre, próximo à "ponta da estrada" que leva ao planalto e também na trilha que conduz à base das Agulhas Negras.

3. Xenólitos de Gnaiss Dentro das Rochas Alcalinas -

Nas partes norte e 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 onde 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 se apresentam 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 ao 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 de xenólitos. 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 predominamos 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 afaníticas e porfiríticas. A parte magnética que cimentou esse material brechado é escassa e tem granulação 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. O Nordmarkito - O nordmarkito ou quartzo-sienito, que em certos afloramentos poderá ser chamado de granito alcalino (RIBEIRO FILHO, 39), é uma rocha constituída de feldspatos alcalinos (microperitita), quartzo em proporções até um terço, titanita, anfibólios, piroxênio, magnetita, apatita. Por vezes é cortada por veios de quartzo microcristalino ou abriga geodos com cristais bem formados do mesmo mineral. A granulação dos seus componentes raramente ultrapassa 5 mm, porém em locais mais restritos, como próximo à Pedra do Couto, aparecem áreas pegmatóides, com cristais de feldspato alcançando até 4 cm. A granulação mais fina é encontrada entre o abrigo Rebouças e a "ponta da estrada", no sentido das Prateleiras. São frequentes 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 Marombas e serra Negra (Vide perfís das figs. 5 e 10).

O relêvo dos altos do Itatiaia, o qual tem sido motivo para discussões, foi entalhado essencialmente nesse tipo de quartzo-sienito, 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 tectonismo. Este assunto será o objeto da última parte do nosso trabalho.

VIII - BRECHA MAGMÁTICA

1. Os Corpos de Brecha e a Extensão da Ocorrência - No nosso mapa geológico o nome de brecha magmática foi aplicado a 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.

Trata-se de uma 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 (37). 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 aqueles citados por BJÖRNBERG (4, pp. 93) em Poços de Caldas, por PARSONS em Wyoming (36) e por ROSS e SMITH (42). As áreas contendo fragmentos não apresentam indícios de serem corpos tabulares, pois desaparecem gradativamente em todas as 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 contato sudoeste do corpo maior poderá ser posto em dúvida, devido ao despenhadeiro em que se

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

lança. Mas a ausência de matacões 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 assimetricamente dentro do maciço, deslocadas para as proximidades da linha de contato do setor norte. Em dois pontos o contato com o gnaiss se faz pela brecha, de forma indubitável em um deles, 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 sua variedade. No pequeno corpo leste a matriz é sempre escura, num tom cinza carregado, por vezes mascarando os fragmentos, e com muitos afloramentos exibindo estruturas fluidais desordenadas. Apesar de não ser cortado por qualquer trilho ou caminho, este corpo leste apresenta boas exposições, com barrancos e morros constituídos por rocha viva e escassamente cobertos pela vegetação.

Merece também sejam lembradas outras duas pequenas ocorrências de brecha magnética. 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 aos dois corpos maiores. Predomina a rocha de granulação fina, afanítica ou visivelmente porfirítica, 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 porém belos cristais brancos de pseudo-leucita.

Perdendo-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 Ser

ra Negra, bem como em direção à divisa do PNI, 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 porfirítico, 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 da descida para a Vargem Grande. Também muito difundido é o tipo microcristalino, somente diferente do anterior pela ausência de fenocristais de feldspato. Ambos alternam-se no campo. 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 da brecha. Mas a presença do quartzo foi ainda observada por duas vezes 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 consultada, os exemplos de brechas magmáticas apresentam-se ora como os diques clássicos de Blairsden, Califórnia (DURRELL, 13), ora como os corpos tabulares irregulares, ligados a tufos, edifícios vulcânicos ou explosões em zonas de caldeiras de Wyoming (PARSONS, 36). O exemplo mais sugestivo é dado por GATES (20) ao estudar os "pipes" de Shoshone 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

(*) Os moradores da região chamam de portão a divisa do P.N.I., no ponto em que é atravessada pela estrada que leva às Agulhas Negras.

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 magnética 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 2.500 m (Pedra Furada) e 2.000 m (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 frequentes, e a olho nu dificilmente se percebe qualquer arranjo planar ou linear. Porém, a estrutura fluidal já é visível quando tratamos com os tinguaitos porfiríticos 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, 35), afloram brechas ricas em fragmentos, com a matriz mostrando o aspecto de u'a massa viscosa "escorrida" entre os blocos, 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 magnético. 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 ocorrem 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 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 bastante subsidiárias, a muscovita, fluorita e quartzo (microcristalino ou em cristais intersticiais). No km 10,4 da estrada para as Agulhas Negras, esse 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 vezes 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 titano-magnetita 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 também da matriz.

A pequena ocorrência de brecha da Capelinha também é

muito rica em pirita, sendo que o fenômeno se estendeu ao gnais se 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 e transformaram-se em clorita, ou então, a clorita poderá ter sido formada diretamente. 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 é relativamente abundante apenas em alguns pontos do nordmarkito (RIBEIRO FILHO, 39). 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, onde os cristais aparecem corroídos (fig. 14).

IX - GEOLOGIA ESTRUTURAL DO CORPO DO ITATIAIA

1. As Grandes Estruturas do Relêvo - Do estudo da morfologia das partes altas do Itatiaia podem-se tirar valiosos elementos para a interpretação da gênese do planalto. No mais recente trabalho sobre aquela região, TEIXEIRA (47) 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 interpretações 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 encontramos 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 geométrico está a meio caminho entre o abrigo Rebouças e as Agulhas Negras. O limite externo desta área é uma grande es

estrutura aproximadamente circular, com cerca de 10 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 ao sul, na região do abrigo Massena e o morro do Urubu (fig. 18).

O contrôle 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 do rio Carrapato e do rio Itatiaia, têm parte do seu curso controlado pela estrutura em arco. E os afluentes do rio Campo Belo que 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, e 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, ao norte e a leste, fragmentos de estruturas arqueadas de raio menor que a grande estrutura externa (fig. 22), e interpretados por TEIXEIRA (47) como outros tantos diques anelares. No setor sul, essa estrutura anelar se aproxima do grande anel externo.

Pouco ao sul do pico do Marombas, a grande estrutura anelar externa tem continuidade através do Leão, enquanto que no rumo SE destaca-se na topografia o espigão que leva aos Dois Irmãos e aos Três Picos (figs. 7 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 relevo sugerindo estruturas em arcos concêntricos, e que tem o seu centro geométrico 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 es

pigão que vai das Prateleiras à Pedra do Couto, isolado entre o vale do ribeirão das Flores e o despenhadeiro do lado sul do maciço (fig. 23). Tem direção média N70W e em altitude rivaliza-se com o núcleo das Agulhas e o anel externo N-NE.

2. O Diaclasamento das Intrusivas - Aquêle 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 (fig. 24), o isolamento de lombadas (fig. 25), 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 Flores 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 Prateleiras durante o inverno de 1962, quando um incêndio acidental durou 4 dias (fig. 26).

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 geometricamente 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. 27), 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 o nome desta última. 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 km^2 , 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 elíptica com centro no km 13,5 da estrada para o planalto, pois tende gradativamente para atitudes N-S e NE (fig. 28), incluindo a região da Pedra do Couto.

Até o momento fizemos sempre referência à zona do planalto, onde a rocha é o quartzo-sienito. 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 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: descoloramento 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 granulação 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 (37). 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 (23, pp. 31) faz referência a estruturas fluidais de grande expressão, indicativas de circulação do magma dentro da câmara magnética em resfriamento. Cita como exemplo o aspecto que se observa quando, a partir do abrigo Rebouças, se olha para SE, no sentido das Prateleiras (fig. 29). 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 estas idéias. Não foi encontrada evidência de arranjo planar dos componentes da rocha.

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 diaclasamento deverão estar assim distribuídos:

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

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

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

4º) 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.

3. 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 se deram 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.

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, direções com 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 magnética existe um sistema de 3 falhas verticais cortando a estrada, em uma extensão de 70 m, 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. 30). Na figura 9 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 interior 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 Lírrios (figs. 31 e 32), com uma extensão aproximada de 10 km quase retilíneos na direção N60-70W, por onde corre o ribeirão das Flores, 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 Flores tem continuidade com o rio Alambarizinho, passando entre os picos dos Dois Irmãos; o outro ramo, mais ao sul, dirige-se para as proximidades do abrigo Massena e se alinha com o ribeirão das Pedras, passando ao 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.

Rumo ao 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.

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 sobre supostas zonas de falha que se cruzam, estando em vias de se realizar a captura do ribeirão das Pedras pelo rio Bonito (fig. 33).

X - 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 preferenciais. FREITAS (18) desenvolveu um

estudo do moderno tectonismo brasileiro, dedicando especial atenção ao problema de que tratamos no momento.

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

1. A Herança Pré-cambriana - FREITAS (17) e (18, pp. 53) refere-se a CLOOS, onde este autor defende a idéia de um verdadeiro determinismo estrutural do pré-cambriano sobre as feições tectônicas mais modernas. Todas 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 NE 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.

RUELLAN (49) aplica as idéias de ARGAND no estudo dos "plis de fond" na América do Sul e, apesar de algumas diferenças teóricas essenciais, chega aos mesmos resultados práticos.

FREITAS (17, pp. 123) cita BARTH, onde este 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 (2, pp. 22) chamou de epirodianesis, quando se referiu à penetração de magma alcalino em áreas cristalinas estáveis.

Modernamente, VOROBIEVA (48, pp. 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.

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

cia de corpos alcalinos do sudoeste africano, como nos mostram MARTIN, MATHIAS e SIMPSON (29). O nosso parentesco geológico com a África sul-sahariana manifesta-se ainda aqui, tanto na herança das linhas tectônicas, como nos resultados tectono-magnéticos.

2. Os Levantamentos Epirogenéticos - Ao retirar-se a grande glaciação perno-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 de espessos depósitos glaciais na periferia do polo sul carbonífero. Como consequência do reajuste isostático que então se iniciou, o escudo cristalino adquiriu um movimento ascendente, causando o arqueamento e a ruptura do seu arcabouço rígido, nos pontos fracos preconizados por CLOOS.

Vários são os autores que apoiam esta concepção. GUIMARÃES (21, pp. 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 consequente cisalhamento 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, e que nos leva a encarar com cuidado as idéias acima expostas. Surge uma dificuldade adicional ao imaginarmos que o maior efeito do arqueamento e cisalhamento deveria ser esperado na zona de erosão glacial, o que parece não ter acontecido. Acreditamos que os "plis de fond" de ARGAND e RUELLAN (49) explicam melhor esses fatos, pois admitem que os "dobramentos" de fundo são reformados periodicamente, sendo também os responsáveis por levantamento epirogenéticos (49, pp. 254).

LEINZ (26, pp. 46) introduz um elemento importante nesta sequência 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 Triássico superior motivou um movimento descendente do escudo na bacia Paraná-Uruguai, trazendo como consequência um elemento novo neste sistema de forças que deformava a região.

FREITAS (19, pp. 174 e 178), além de aceitar a teoria da ascensão epirogenética 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 pp. 41).

3. O Magma Basáltico e as Intrusões Alcalinas - Tudo o que foi exposto nos será de grande valia neste momento, quando passamos a estudar a gênese do magma alcalino. Esta origem terá que ser procurada levando-se em consideração a maior atividade magnética conhecida, quando a partir do Triássico superior ascenderam, provavelmente do Sima (LEINZ, 26, pp. 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 geoclases adutoras do material em fusão. GUIMARÃES (21), lidera aqueles que consideram as fendas de tensão originadas do reajuste isostático e do arqueamento do escudo cristalino. LEINZ (26, pp. 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 geoclases foram descritas por LEINZ no Rio Grande do Sul, as quais chamou Torres-Posadas, com direção N50-70W (26, pp. 41) e São Gabriel-Santa Maria, com direção N30E (26, pp. 44).

Importante conceito é introduzido nesta discussão por GUIMARÃES (21, pp. 22), 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 magnética, 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, em concordância com GUIMARÃES. Apenas a intrusão alcalina de Lajes localiza-se praticamente dentro da área basálti

ca.

Contudo, a idade dos nossos derrames basálticos, considerada como sendo do Triássico superior, é duvidosa. Não existe argumento que exclua a possibilidade de atribuir-lhes a idade jurássica ou mesmo cretácea inferior. Os derrames basálticos da África e Índia são colocados no Jurássico e Cretáceo inferior, respectivamente. Como se vê, o problema da idade do magnetismo basáltico traz certa insegurança às idéias de GUIMARÃES expostas acima.

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 (6) se opõe frontalmente às idéias de DALY (9) e SHAND (44, pp. 150). Estes autores procuram provar que o magma alcalino se origina da reação de carbonatos da encaixante com o 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 (48, pp. 15) podem ser por nós aceitas sem reservas neste trabalho, enquanto a teoria de DALY e SHAND não encontra apóio, pois nas imediações do Itatiaia não se encontrou vestígio algum de carbonato. O engenheiro do Instituto Geográfico e Geológico, Dr. José Epitácio Passos Guimarães, informou-nos que na fronteira São Paulo-Rio de Janeiro, onde o rio Mambucaba se aproxima de Angra dos Reis, ocorrem lentes de dolomito dentro do gnaíse. Apresentam espessura máxima de 200 m e comprimento de 400 a 600 m. Os calcários dolomíticos descritos por MENESCAL CAMPOS (50), 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, no Mesozóico superior 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 África, como nos mostram MARTIN, MATHIAS e SIMPSON (29, fig. 1) e ELLERT (15, fig. 21).

Algumas destas intrusões dão indicação clara que tiveram ligação com a superfície, Poços de Caldas por exemplo (ELLERT, 15). 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 (RIBEIRO FILHO, 40, pp. 21). AB'SABER e BERNARDES (1, pp. 10 e 11) sugerem ainda uma grande continuidade de terras deste planalto cretáceo no rumo leste, às quais hoje estariam no fundo do Oceano Atlântico.

A região volta a ser palco de novos episódios tectônicos no Cretáceo superior e Terciário. São dessa época o aparecimento da serra do Mar, vale de abatimento do Paraíba e serra da Mantiqueira, como consequência de falhamentos 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 (19) desenvolveu uma idéia de WASHBURNE (1939), segundo a qual o nosso escudo cristalino teria sido deslocado contra o geossinclinal 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 duas razões:

a) A distância que nos separa dos Andes é da ordem de 3.000 km, sendo improvável que os esforços pudessem ser transmitidos através de tão longa distância.

b) Há evidências que os falhamentos já estavam presentes no leste brasileiro no início do Terciário, quando a orogenia andina caminhava ainda para o seu clímax.

É quase unânime a opinião dos autores ao estudar esta verdadeira província geomorfológica compreendido 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 (18) em seu trabalho sobre a moderna tectônica brasileira e mais recentemente AB'SABER e BERNARDES (1), 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 representam fases desse processo, da mesma forma que os cursos post-cedentes dos rios Doce, Ribeira e outros, os quais teriam alcançado o Atlântico através de zonas de cisalhamento NW.

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 da 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. Os falhamentos posteriores à consolidação, iniciados provavelmente no Cretáceo superior, atingiram o flanco sul do maciço, expondo-o profundamente (AB'SABER e BERNARDES, 1, pp. 15) e ressaltando morfológicamente a intrusão (figs. 10 e 34).

XI - CONSIDERAÇÕES SOBRE 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 morfo-tectônicas 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 magnéticas 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 gnaiss regional apresentar-se pouco perturbado pelos fenômenos da intrusão. Idêntica situação foi observada por ELLERT em Poços de Caldas. Esse autor menciona (15, pp. 45) que o mesmo se dá com as intrusões alcalinas clássicas da Europa e da África: Kola, Illimaussak, Pilansberg, Erongo, Brandberg, Messum. Esses fatos, associados a observações mais modernas, permitem uma concordância de idéias entre FERSMANN, BACKLUND (2), USSING, SHAND (44), MARTIN et al. (29), VOROBIEVA (48) e muitos outros, concluindo 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 magnética, permitindo a ascensão de magma e a intrusão de corpos com geometria característica. Dêsse modo, 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, 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 (10), com o desprendimento de blocos da encalhante que mergulham para dentro do magma, favorecendo o ganho de espaço pela intrusão. Porém, nunca achamos evidência da pre-

sença 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 um teto pendente, rebaixado talvez por fenômenos tectônicos. 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 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 verdadeiro topo 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 granulação 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 pró-torciária, o conjunto apareceria como um amplo arco com centro a leste de Queluz.

LAMEGO (23), FREITAS (17), GUIMARÃES (21) e outros dão para o Itatiaia e demais corpos congêneres, a idade jura-cretácea, baseando-se em provas físico-estratigráficas e na provável gênese das rochas alcalinas a partir do magnetismo básico, este considerado como sendo do Triássico superior.

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 (15, pp. 44) menciona que na maioria dos corpos alcalinos plutônicos as rochas mais ácidas afloram junto à periferia, e para o centro, os tipos cada vez mais insaturados. E cita LAMEGO (23) 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 30%. Já os tipos mais ácidos localizam-se no teto da intrusão, ocupando não uma posição periférica, porém central (vide perfís, figs. 5 e 10). Essas rochas mais ricas em sílica são os quartzo-sienitos, em alguns lugares com fácies pegmatítica, com drusas de quartzo e aparência de um verdadeiro 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 topo da intrusão (pg. 46).

A fração enriquecida em sílica pela diferenciação e provavelmente pela assimilação, auxiliada pelos elementos voláteis, deve ter-se deslocado para essa abóbada central, dada a sua maior fluidez. O que não sabemos dizer é se nesse topo 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 desenvolveram as linhas de fraqueza devidas à contração, responsáveis pelo intenso diaclasamento, e por eventuais ajustes locais no espaço. Entre êsses 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 Magnética - Observemos 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. 15). 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 tôpo 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.

Em segundo lugar poderemos imaginar que antes da consolidação final do magma, a parte superior da intrusão sofreu uma calma fase de subsidência, após a perda de 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 falhamentos circulares. É grande o número de corpos alcalinos citados na literatura geológica que mostra fenômenos de abatimento do tôpo da intrusão (CHAPMAN e CHAPMAN, 7; CHAPMAN, 8; ELLERT, 15; KINGSLEY, 22; MARTIN et al., 29; MODELL, 33; SHAND, 44).

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 magnética, talvez com um edifício vulcânico, perdeu a sua sustentação, e através de falhamentos e diaclasamentos circulares abateu-se, dando origem a uma grande muralha externa. Infelizmente não será fácil encontrar as eventuais provas do fenômeno, dadas as condições geológicas reinantes. Procurando reconstituir as características da região, desde a intrusão até os tempos atuais, apresentamos 3 perfis, onde tentamos mostrar a sucessão das principais etapas da evolução geológica do maciço (fig. 35).

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 magnético, porém em dois pontos bem distintos e bem localizados: os dois corpos de brecha magnética. Eles talvez representem a compensação, em volume, da rocha que foi abatida durante o colapso.

A ascensão do magma das brechas deu-se em zonas de fraqueza, e os fragmentos englobados por ele 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 esse presumível abatimento, surgem duas questões cujas respostas não sabemos:

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 km^2 e as brechas somam apenas 10 km^2 . Já afirmamos que não se encontrou nenhum fragmento de gnaíse, 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 era 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. Esses gases deixaram marcada a sua presença nas próprias rochas da zona das brechas (pg. 29). A subida do material magmático teria motivado a perda de sustentação e o conseqüente colapso.

As pequenas ocorrências de brecha já assinaladas (pg. 26) 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 gnaíse, que é menos resistente à decomposição química, pois a sua estrutura permite mais fácil acesso às águas meteóricas. A cobertura de gnaíse 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 gnaíse.

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 a erosão intensa do Itatiaia, o qual tornou-se

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. E os altos da serra do Itatiaia estão a mais de 1000 m acima de Poços de Caldas, em condições climáticas bem diversas.

Os grandes falhamentos normais do Cretáceo superior e 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 fossem anteriores ou contemporâneos, a encaixante do flanco sul não resistiria; mais fácil seria para o magma romper o gnaíse na região do vale, que ir para cima mais de 2.000 m. O Morro Redondo, com menos de 900 m de altitude, certamente terá sido rebaixado durante a formação do "graben" do Paraíba.

Como resultado dêsse 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, acompanhando talvez a zona de falhamento responsável pelo rebaixamento da grande estrutura anelar de pelo menos 400 m no setor sul.

O vale dos Lírios, por onde corre o ribeirão das Flores, não deve ser uma falha simples, porém um pequeno "graben". Se fôsse um falhamento único, com o bloco SW se abatendo, a Pedra do Couto não seria tão alta, a ponto de rivalizar-se com as Agulhas Negras em altitude. Em segundo lugar, o falhamento do vale dos Lírios, à altura das Prateleiras, parece bifurcar-se em duas linhas (pg. 36). Teríamos então um "graben" em cunha também na horizontal, com o vértice para WNW afetado pela erosão. E em direção às nascentes do ribeirão das Flores restou

apenas um vale único, dando a idéia de um falhamento simples (fig. 36).

Na região da Serra Negra um bloco de gnaissse 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. Imaginamos que esse bloco tenha se abatido, e o teto de gnaissse ainda encobre a intrusão. O perfil do rio Aiuruóca deve ter sido afetado, aumentando a sua ação destrutiva dentro do planalto. 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'SABER e BERNARDES (1, pp. 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 talus 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 do 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 do contorno da intrusão. Na região de Mauá encontramos blocos com 3 a 4 metros de diâmetro a mais de 8 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. A bauxita que está sendo explorada 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 gnaíse, geralmente menores do que os de sienito. A topografia é mais suave e os vales são mais abertos, sendo pouco evidentes os perfis do seu entalhe no embasamento gnáissico, graças ao intemperismo químico intenso.

De maior importância como sedimento de talude é o depósito de tálus do flanco sul do maciço. Foi descrito por AB'SABER e BERNARDES (1, pp. 132 e 141) como um cone aluvial, dando uma interpretação que não aceitamos, 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 da gravidade foi maior que aquele 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 esse material ganhou o interior da bacia de Resende, pois, sua frente transgressiva está parcialmente retrabalhada e com ela se confunde (fig. 37).

Esse depósito estende-se desde a fazenda Valparaíso até as imediações do rio Bonito, afluente do rio Campo Belo. Pode ser observado entre os km 160 e 165 da Via Dutra, nos morros ao norte do Country Club e próximo ao Hospital Militar.

Constitui-se de u'a mistura de blocos de dimensões variadas com detritos de rocha decomposta (fig. 38); alguns matacões alcançam 3-4 m de diâmetro, e apresentam-se salientes à superfície do terreno (fig. 39), hoje ativamente dissecado pelas águas correntes (fig. 40).

O ponto mais alto onde o tálus foi assinalado é de 750 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 450 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 Via Dutra, entre os km 160 e 163.

A área de ocorrência do tálus é estimada em 20 km², e

a julgar pelas condições topográficas, em certos lugares sua espessura poderá ultrapassar 200 m (fig. 34).

XII - A MORFOLOGIA DO PLANALTO E SUA INTERPRETAÇÃO

Há mais de 20 anos que a região do Itatiaia vem sendo objeto de discussão geomorfológica e paleoclimática, envolvendo geógrafos e geólogos, tanto nacionais como estrangeiros. A maioria é favorável à existência de uma glaciação pleistocênica de altitude, cuja erosão seria a responsável pelo aspecto do relevo atual do planalto.

1. Aparecimento e Evolução do Problema - A idéia de invocar o trabalho do gelo para explicar certas feições topográficas nos altos do Itatiaia foi apresentada por DE MARTONNE (30) em 1940. Esse pesquisador europeu, com toda a sua autoridade, sugeriu um abaixamento de 6º a 7ºC na média anual das temperaturas no pleistoceno, colocando a região nos limites da linha de neve perene. E as chuvas abundantes causariam um abaixamento adicional, permitindo a nivação e a existência de uma pequena glaciação. A idéia foi, porém, externada com todo o cuidado, deixando claro que ela não representa uma afirmação categórica.

A novidade foi acolhida com entusiasmo pelos autores nacionais estudiosos da geomorfologia, que ampliaram o seu alcance e passaram a buscar as provas da sua realidade. Também autores estrangeiros como EBERT (14), MAACK (28), RICH (41) e RUELLAN (43) optaram pela idéia de DE MARTONNE, ajudando a aumentar as dimensões do problema. Munidos de uma natural predisposição, esses autores encontraram as evidências do fenômeno glacial em grande quantidade, algumas ainda passíveis de discussões, outras no entanto, muito pouco prováveis. Assim é que foram descritos circos glaciais, vales em U, blocos erráticos, drenagem desorganizada pós-glacial, e sedimentos depositados pelo gelo até a cota de 500 m.

Vozes contrárias também se fizeram ouvir. ODMAN (34), geólogo visitante, DOMINGUES (12) e TEIXEIRA (47) geógrafos nacionais, alinham argumentos válidos na contestação das idéias glaciologistas.

2. Argumentos Contrários a uma Glaciação Pleistocênica

Durante a temporada de trabalho na região estivemos sempre atentos na coleta de informações para o mapeamento, a interpretação tectônica e a presumível glaciação. Na verdade, procuramos reconhecer as evidências apontadas por eles, e confrontá-las com todos os demais aspectos do conjunto. Das observações por nós realizadas e dos dados gerais recolhidos na literatura, pudemos reformular os problemas básicos envolvidos na interpretação do problema. Estamos convencidos que a morfologia do planalto na da tem a ver com atividade de geleiras, mas está ligada essencialmente às características tectônicas das rochas alcalinas.

a) Altitude e clima - Quando se fala em glaciação no Itatiaia, é lembrada a altitude de quase 2.800 m das Agulhas Negras. Mas não devemos esquecer-nos que o ambiente real dos fenômenos glaciais estariam localizados abaixo dos 2.500 m, pois são restritas as áreas que ultrapassam essa altitude. Por outro lado, não chega a 80 km a área do planalto acima dos 2.000 m, por demais pequena para sustentar uma glaciação como aquela imaginada por EBERT (14), SILVEIRA (46) e outros.

A posição da linha de neve perene pleistocênica no Itatiaia é assunto controvertido. EBERT (14) imagina que ela tenha alcançado 2.100 m, enquanto que ODMAN (34) a coloca a 4.500 m no pleistoceno e 4.800 m atualmente. Já LEINZ e AMARAL (27) mostram que a linha de neve perene na latitude do Itatiaia poderá estar acima dos 5.000 m. Contudo, sabemos que a posição da linha de neve perene em um determinado lugar não depende somente da temperatura média e da altitude. Também o regime de precipitações, as condições topográficas, os ventos, etc. contribuem para situá-la.

Considerando que a temperatura média anual no Itatiaia é de 11°C, é difícil acreditar que o planalto tivesse sido atingido pela linha de neve perene em qualquer período da idade glacial quaternária. O mês mais frio do ano é julho, e no planalto tem média de 8°C. A temperatura noturna cai abaixo de 0°C com certa frequência. A geada e a umidade congelada do solo, quando ao abrigo do sol, conseguem às vezes persistir durante todo o dia. Fevereiro é o mês mais quente, com média de 14°C. O abaixamento da temperatura média anual deveria ter sido suficiente

para colocar as médias dos meses de verão não muito acima de 0°C , de modo a preservar boa parte da neve acumulada no inverno. Porém, o mais importante é que o inverno na região é extremamente seco, com precipitação quase nula. Esta se realiza essencialmente no verão, com dias quentes e chuvosos. Se não admitirmos uma mudança radical na distribuição anual da precipitação, não conseguiremos explicar a queda da neve alimentadora das geleiras.

b) Intemperismo - É um agente do trabalho geológico que tem sido pouco considerado nos estudos do planalto. Mesmo a formação das marmitas e caneluras, onde o intemperismo químico é o responsável direto, não foi por todos aceita, sendo tomadas como resultado da atividade do gelo em movimento.

O intemperismo físico e químico completam-se mutuamente. Anotamos diferenças de temperatura significativas: 4°C no solo e 15°C no ar; 0°C em uma marmita, e ao seu lado 20°C . De maior importância, porém, é o trabalho do congelamento da água embebida na rocha em decomposição ou infiltrada nas inúmeras diaclases. O trabalho mecânico executado pela água ao congelar-se, vai enfraquecendo a rocha nos blocos e afloramentos, e permite que o intemperismo químico avance profundamente para dentro das rochas. A decomposição não é muito intensa, mas é com dificuldade que se conseguem amostras realmente frescas. A rocha vai ficando friável, os blocos menores se desmancham e as superfícies maiores se descascam, originando um farelo grosso que pode ser visto no chão, nas trilhas e marmitas. São frequentes também os pedaços de rochas na forma de lascas, espalhados pelas encostas das elevações do planalto, lembrando a atividade do intemperismo físico nas regiões periglaciais. Esse resultado do intemperismo permite a formação de aspectos menores da topografia e que foram tomados como nichos glaciais.

A vegetação, associada à grande umidade do verão chuvoso, representa um papel importante no intemperismo químico nas áreas mais baixas do planalto. Além da decomposição da rocha, participa como elemento mecânico na formação de charcos e pequenas lagoas.

c) Topografia e drenagem - Já dissemos (pg. 32) que a topografia do planalto realmente impressiona àquêle que com ela

se encontra pela primeira vez, favorecendo a aceitação das idéias glaciais, sem antes levar em consideração os importantes elementos fornecidos pela geologia.

Os rosários de depressões lacustres ao longo de riachos, e que representariam (AB'SABER e BERNARDES, 1) uma desorganizada drenagem pós-glacial, não são tão comuns e nem sempre favorecem esta idéia. O rio Aiuruóca apresenta uma série delas quando atravessa zona de corredeiras, ao buscar o boqueirão de saída do planalto. O ribeirão das Flores apresenta dois pontos onde atravessa zonas de charco, o mesmo acontecendo com o afluente do rio Campo Belo que nasce a leste das Agulhas Negras. Em ambos os casos, essas áreas planas são o fruto do trabalho de retenção de soleiras.

Existem várias lagoas no planalto, isoladas ou ligadas à nascente de riachos. São sempre rasas, com 1 m de profundidade no máximo; a lagoa Bonita (fig. 41), ao sul das Agulhas Negras vai além de 1 m. Esta, bem como a lagoa ao norte do Leão e outras duas, 4 km a oeste da Pedra do Altar (fig. 16) têm ligação clara com a drenagem. Porém aquela ao norte das Prateleiras (fig. 42) e outras seis ao sul da Pedra do Altar (fig. 43) são totalmente isoladas, sem saída aparente. Em nenhum caso, no entanto, assemelham-se aos lagos que se formam dentro de vales glaciais.

As duas várzeas já conhecidas (figs. 19, 20 e 21) e localizadas nas nascentes dos rios Prêto e Aiuruóca, foram supostas como amplos circos glaciais (DE MARTONNE, 30). Contudo, não se observaram os demais elementos indicadores da atividade do gelo, quais sejam, as formas de erosão logo abaixo, e os sedimentos resultantes do transporte.

d) Depósitos glaciais - O depósito de tálus, por alguns interpretado como cone de dejeção, foi apontado por SILVEIRA (46) como sendo o tilito que provaria a glaciação. Mas esse autor não apresentou as demais provas que deveriam ser por demais evidentes, se considerarmos uma geleira que transportou material quase a 20 km das Agulhas Negras, até a cota de 500 m. AB'SABER e BERNARDES (1), na tentativa de simplificarem o problema, parece que o complicaram ainda mais, pois acham que o mesmo depósito tem origem mista. O material trazido do planalto pelo gelo foi

posteriormente retrabalhado pelas torrentes do degelo, que o trouxeram para o sopé da montanha.

EBERT (14) estudou a região NE do maciço, e nas imediações da vila de Mauá encontrou supostos vales em U e sedimentos glaciais ("barro a bloco") no leito do rio Prêto e rio Bonito (ou Riachão). Teriam assim as geleiras alcançado 12 km fora do planalto, na cota de 1.100 m. Ainda aqui o fenômeno seria de grande magnitude, deixando marcas evidentes, as quais o autor deveria ter buscado pelo rio Prêto acima, até o interior do planalto. O rio Bonito nasce fora do planalto, no flanco da estrutura anelar, e dificilmente uma geleira poderia ser alimentada o suficiente para alcançar a distância e altitude mencionadas, a não ser que a linha de neve perene tivesse descido aos 1800 m.

De nossa parte, acreditamos que o depósito de tálus se formou de u'a mistura de fragmentos e blocos de dimensões variadas, com material de natureza argilosa derivado do intemperismo químico e que desceu as encostas do maciço pela ação da gravidade; as abundantes chuvas na escarpa da encosta da serra auxiliaram no escorregamento do material. Os depósitos descritos por EBERT, similares a outros mais vistos por nós, certamente contaram com a energia dos rios por ocasião das enchentes, quando o volume das águas se multiplica. Os blocos rolados pela encosta estabilizam-se muito acima do nível alcançado por aqueles que ganharam o leito dos rios.

Em todos os casos a tendência é a mesma observada por EBERT. O material que desce vai sendo transformado pelo intemperismo químico no "barro a bloco" (boulder clay), o que ainda facilita seu escorregamento. Atualmente, após longo tempo sujeitos à decomposição, os blocos do tálus estão arredondados; muitos deles foram totalmente decompostos, ou só resta o núcleo central envolvido por capas concêntricas esferoidais. Nos países tropicais é de se esperar sejam encontrados com certa frequência êsse "barro a bloco", associado às zonas de relevo mais acentuado e rochas favoráveis. Foi a confusão com êsse tipo de depósitos que levou o glaciologista AGASSIZ a encontrar, ainda em 1865, vários exemplos de "sedimentos glaciais" no nosso país, inclusive no Amazonas e no Rio de Janeiro.

AB'SABER e BERNARDES (1) citam DE MARTONNE para dizer que o tálus do Itatiaia é um depósito anômalo de piemonte, pois nenhum outro se encontrou no sopé da serra do Mar e serra da Mantiqueira. Talvez não se deram a devida consideração à natureza da rocha e do clima. Os gnaisses e xistos são pouco diaclasados e muito mais facilmente intemperizados. No ambiente chuvoso da floresta atlântica será muito difícil descobrir os raros depósitos de tálus que venham a se formar.

3. A Tectônica como Base da Interpretação - Não é nossa intenção negar dogmáticamente a presença de gelo no Itatiaia. Com o abaixamento de alguns graus na temperatura média anual e com a mudança no regime estacional das precipitações, é possível que tenha ocorrido a formação de depósitos de neve e gelo. Tudo depende se as condições climáticas permitiram a perenidade do gelo, apesar dos dias mais quentes de verão. No entanto, achamos pouco provável que tenham existido as condições para o trabalho geológico de geleiras. É inegável, porém, que ainda hoje o trabalho do gelo é um importante agente do intemperismo físico.

De nossa parte, coerentes com o que nos foi dado observar, colocamos os fenômenos tectônicos como base para a interpretação geomorfológica, relegando os problemas climáticos a um plano secundário. As falhas determinam as grandes linhas do relevo, as zonas de fraqueza, desnivelamentos, etc. Estão ligadas tanto à época da consolidação do maciço como ao tectonismo terciário, alcançando talvez o Quaternário. O diaclasamento intenso afrouxa e libera um sem número de blocos, que vão se arredondando e atulhando encostas e vales (DOMINGUES, 12).

A maioria das evidências apontadas pelos autores não suporta uma análise mais profunda. Outras simplesmente não existem, como é o caso do vale em U fotografado por RICH (41). Nas linhas precedentes já foi discutida a maioria das supostas evidências glaciais. A seguir dedicaremos ainda algumas palavras ao problema dos charcos e lagoas.

A desorganização relativa da drenagem, tida como fenômeno pós glacial, é consequência da luta contra a geometria tridimensional imposta pela tectônica. Quando uma direção de diaclases bem pronunciada ou uma lombada intercepta um riacho, esse

elemento morfológico age como uma soleira, determinando um nível de base local. O resultado é sempre uma área plana e alagadiça, ou pequenas lagoas. No caso das duas várzeas, o princípio é o mesmo, porém as soleiras são partes de anéis morfológicos. A várzea do rio Preto, em particular, está associada ainda a uma falha N60E.

As depressões planas, charcos e lagoas, certamente terão a sua gênese ligada também à drenagem subterrânea, através de juntas e falhas. Algumas pequenas lagoas ao sul da Pedra do Altar (fig. 43) estão praticamente isoladas em um núcleo rochoso muito fraturado. O material solubilizado pelo intemperismo deve ser levado através das fraturas, enquanto que os resíduos são evacuados em suspensão durante as grandes chuvas (DOMINGUES, 12). E por último, não devemos nos esquecer que a vegetação, principalmente os pseudo-troncos da gramínea Cortaderia modesta, exercem uma ação de represamento, pois "cobrem as várzeas de solo úmido e de terra preta", "onde o solo ainda é, periodicamente, pantanoso" (BRADE, 5, pp. 29). No conjunto da lagoa Bonita (fig. 41), bem como na lagoa das Prateleiras (fig. 42), o papel da Cortaderia e da Xiris é evidenciado claramente.

XIII - RESUMO

No presente trabalho apresentamos o resultado das pesquisas geológicas efetuadas na província alcalina do Itatiaia. Decorridos 25 anos após o trabalho de LAMEGO (23) houve considerável avanço no conhecimento dos maciços alcalinos; a melhoria nas condições de acesso ao corpo intrusivo possibilitou-nos a coleta de novas informações sobre aquela região.

Dada a grande extensão da área, o relevo acentuado e a floresta densa, o nosso trabalho constou da elaboração de um mapa geológico na escala de 1:50.000 e coleta de dados geológicos de campo, dados estruturais e morfológicos de natureza geral, sem a possibilidade de nos aprofundarmos nos detalhes.

Do ponto de vista da geologia regional, foram tiradas algumas conclusões interessantes:

- a) As rochas alcalinas não ocorrem além das imediações da cidade de Passa Quatro, contrariamente ao que se imaginava.
- b) Não foi confirmada a existência de rochas alcalinas na serra da Bocaina, mencionadas por DERBY (11).
- c) As rochas alcalinas, dadas por LAMEGO (23) como um corpo único, na realidade formam 2 corpos distintos: maciço de Passa Quatro e maciço do Itatiaia, conforme indicação de AB'SABER e BERNARDES (1).
- d) A área de 1450 km² assinalada por LAMEGO (23) para as intrusivas, ficou reduzida a menos da quarta parte, ou seja, 330 km².

Na fase preliminar dos trabalhos de campo, fizemos algumas observações macroscópicas das rochas mais representativas da província alcalina: gnaisses do embasamento, rochas intrusivas dos 3 corpos alcalinos (Itatiaia, Passa Quatro e Morro Redondo) e sedimentos clásticos cenozóicos da bacia de Resende e rio Paraíba.

O maciço do Itatiaia foi o objeto principal das nossas pesquisas, e a ele dedicamos a maior parte deste trabalho. Além do estudo da forma do corpo e dos contatos da intrusão, foram anotados importantes elementos morfológicos e climáticos, bem como aqueles ligados aos fenômenos do processo intrusivo: diques, xenólitos, etc.

Dentre os tipos litológicos mapeados, a brecha magnética de conduto gereceu de nossa parte observações mais pormenorizadas. São 10 km² de rochas alcalinas de granulação fina, apresentando concentrações locais de fragmentos de rochas alcalinas trituradas. Parece-nos que está ligada à fase final da consolidação do maciço e ao provável abatimento do topo da intrusão.

As grandes estruturas do relevo, principalmente na zona do planalto, refletem a influência de falhamentos e de intenso diaclasamento. Cristas, estruturas arqueadas e vales tectônicos condicionam as formas do relevo e o comportamento da drenagem.

No estudo da tectônica regional do sudeste brasileiro, procuramos discutir as idéias de CLOOS e ARGAND, que postulam um determinismo estrutural do escudo pré-cambriano sobre as feições mais modernas. Os levantamentos epirogenéticos são dados como causadores dos derrames basálticos e da evolução do magma alcalino. Mesmo os falhamentos cretáceo-terciários, que deram origem ao vale do Paraíba e afetaram as rochas alcalinas, talvez estejam solidários com as linhas de fraqueza herdadas do pré-cambriano.

A intrusão magnética do Itatiaia, considerada como jurássica, certamente ganhou o seu espaço através do deslocamento do seu teto através de falhas verticais do escudo cristalino. No seu resfriamento diferenciou-se uma fração rica em sílica, dando origem ao quartzo-sienito que hoje ocupa a parte central do topo do maciço.

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 magnética; porém, não foi assinalada a ocorrência dos diques anelares que habitualmente se associam aos fenômenos de abatimento.

Falhamentos pós-intrusivos ressaltaram morfológicamente as rochas alcalinas, afetando a área do planalto e o flanco sul da intrusão, propiciando a formação de espesso depósito de talus dentro do vale do Paraíba.

O problema das formas do relevo do planalto, para muitos tomadas como evidências de fenômenos glaciais de altitude

durante o Pleistoceno, foi por nós discutido nos seus pontos es
senciais. Os fatores climáticos foram considerados de importân
cia secundária, pois os elementos tectônicos são os responsáveis
pelos aspectos principais da morfologia.

XIV - BIBLIOGRAFIA

1. AB'SABER, A. N. e BERNARDES, N. (1958): Vale do Paraíba, serra do Mar e arredores de São Paulo, Guia da exc. n. 4, XVIII Congr. Intern. Geogr., 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, pp. 1-24.
3. BARTH, R. (1957): A fauna do Parque Nacional do Itatiaia, Min. Agric., Serv. Flor., P. Nac. It., Bol. n. 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. 237, Geologia n. 18, 57 pp., São Paulo.
5. BRADE, A. C. (1956): A flora do Parque Nacional do Itatiaia, Min. Agric., Serv. Flor., P. Nac. It., Bol. n. 5, Rio de Janeiro.
6. BOWEN, N. L. (1915): The later stages of the evolution of the igneous rocks, Jour. Geol. Suppl., v. XXIII, 91 pp.
7. CHAPMAN, R. W. e CHAPMAN, C. A. (1940): Cauldron subsidence at Ascutney Mountain, Vermont, Bull. Geol. Soc. Amer., v. 51, n. 2, pp. 191-211.
8. CHAPMAN, R. W. (1935): Percy Ring-dike complex, Amer. Jour. Sc., v. 30, n. 230, pp. 401-431.
9. DALY, R. A. (1918): Genesis of the alkaline rocks, Jour. Geol., v. XXVI, n. 2, pp. 97-134.
10. _____ (1933): Igneous rocks and the depths of the earth, McGraw-Hill Book Company, Inc., 598 pp., New York.
11. DERBY, O. A. (1887): On nepheline rocks in Brazil, with special reference to the association of phonolite and foyaitite, Quart. Jour. Geol. Soc., v. 43, pp. 457-473.
12. DOMINGUES, A. J. P. (1952): Maciço do Itatiaia, Rev. Bras. Geogr., ano XIV, n. 4, pp. 463-471, Rio de Janeiro.

13. DURRELL, C. (1944): Andesitic breccia dikes near Blairsdén, California, Bull. Geol. Soc. Amer., v. 55, n. 3, pp. 255-272.
14. EBERT, H. (1960): Novas observações sobre a glaciação pleistocênica na serra do Itatiaia, Nota preliminar, Anais da Ac. Bras. Ciênc., v. 32, n. 1, pp. 51-73, Rio de Janeiro.
15. ELLERT, R. (1959): Contribuição à geologia do maciço alcalino de Poços de Caldas, Bol. Fac. Fil., Ciênc. Letr., Univ. S. Paulo, n. 237, Geologia n. 18, 63 pp. São Paulo.
16. FREITAS, R. O. de (1944): Jazimentos das rochas alcalinas no Brasil Meridional, Min. Met., v. VIII, n. 43, pp. 45-48, Rio de Janeiro.
17. ——— (1947): Geologia e petrologia da ilha de S. Sebastião, Bol. Fac. Fil., Ciênc. Letr., Univ. S. Paulo, n. 85, Geologia n. 3, 244 pp., São Paulo.
18. ——— (1951): Ensaio sobre a tectônica moderna do Brasil, Bol. Fac. Fil., Ciênc., Letr., Univ. S. Paulo, n. 130, Geologia n. 6, 120 pp., São Paulo.
19. ——— (1951): Ensaio sobre o relêvo tectônico do Brasil, Rev. Bras. Geogr., ano XIII, n. 2, pp. 171-222. Rio de Janeiro.
20. GATES, O. (1959): Breccia pipes in the Shoshone Range, Nevada, Econ. Geol., v. 54, n. 5, pp. 790-815.
21. GUIMARÃES, D. (1947): Origem das rochas alcalinas, Inst. Tec. Ind. Minas Gerais, Bol. n. 5, 103 pp., Belo Horizonte.
22. KINGSLEY, L. (1931): Cauldron subsidence of the Ossipee Mountains, Amer. Jour. Sc., 5th Ser., v. 22, n. 222, pp. 139-168.
23. LAMEGO, A. R. (1936): O maciço do Itatiaia e regiões circundantes, Dep. Nac. Prod. Min., Div. Geol. Min., Bol. 88, 93 pp., Rio de Janeiro.
24. LASAULX, A. von (1885): Ueber das Vorkommen von Elaeolith-Syeniten und editen, zu diesen gehorigen Elaeolithporphyren aus der Serra d'Itatiaia westlich von Rio

- de Janeiro, Brasilien, Niederreinischen Gesels. Sitzungsbericht 1885, pp. 231-323, Bonn.
25. LEINZ, V. (1940): Petrologia das jazidas de apatia de Ipanema (Est. S. Paulo), Dep. Nac. Prod. Min., Div. Fom. Prod. Min., Bol. n. 40, 52 pp., Rio de Janeiro.
 26. _____ (1949): Contribuição à geologia dos derrames basálticos do sul do Brasil, Bol. Fac. Fil., Ciên. Letr., Univ. S. Paulo, n. 103, Geol. n. 5, 61 pp., São Paulo.
 27. LEINZ, F. e AMARAL, S. E. do (1962): Geologia geral, Comp. Ed. Nac., 523 pp., São Paulo.
 28. MAACK, R. (1957): Ueber quartaere Vereisungsspuren am Itatiaia-Massiv, Geol. Rund., v. 45, n. 3, pp. 582-595, Stuttgart.
 29. 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, pp. 156-174, Copenhagen.
 30. MARTONNE, E. de (1943-44): Problemas morfológicos do Brasil tropical atlântico, Rev. Bras. Geogr., ano V, n. 4, pp. 523-550 e ano VI, n. 2, pp. 155-178, Rio de Janeiro.
 31. 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. 1, pp. 51-62, São Paulo.
 32. MAULL, O. (1930): Von Itatiaia zum Paraguay, Leipzig.
 33. MODELL, D. (1936): Ring-dike complex of Belknap Mountains, New Hampshire, Bull. Geol. Soc. Amer., v. 47, n. 12, pp. 1885-1932.
 34. ODMAN, O. H. (1955): On the presumed glaciation in the Itatiaia Mountains, Brazil, Eng. Man. Met., v. XXI, n. 123, pp. 107-108, Rio de Janeiro.
 35. PAES LEME, A. B. (1923): Notas geológicas sobre o maciço do Itatiaia, Museu Nacional, v. I, pp. 31-34, Rio de Janeiro.

36. PARSONS, W. H. (1960): Origin of tertiary volcanic breccias, Wyoming, XXI Intern. Geol. Congr., pte. XIII, pp. 139-146, Copenhagen.
37. PENALVA, F. (1962): Brecha magmática no Itatiaia, Bol. Soc. Bras. Geol., v. 11, n. 1, pp. 117-122, São Paulo.
38. PINTO, M. S. (1938): Descoberta de ocorrência de bauxita no Itatiaia, Min. Met., v. III, n. 15, pp. 183-184, Rio de Janeiro.
39. RIBEIRO FILHO, E. (1963): Maciços Alcalinos do Itatiaia e Passa Quatro (Sudeste do Brasil): Contribuição a Geologia e Petrologia - Tese de Doutorado apresentada a Fac. Fil., Ciên. e Letras da U.S.P.
40. RIBEIRO FILHO, R. (1948): Caracteres físicos e geológicos da bacia do Paraíba, Dep. Nac. Prod. Min., Div. Geol. Min., Bol. 127, 55 pp., Rio de Janeiro.
41. 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. 146, Geol. n. 9, pp. 53-58, São Paulo.
42. ROSS, C. S. e SMITH, R. L. (1961): Ash flow tuffs: their origin, geologic relations and identification, Geol. Surv. Prof. Pap. n. 366, 81 pp.
43. RUELLAN, F. (1943): Comunicação sobre a excursão a Campo Belo e Itatiaia, Bol. Geogr., ano I, n. 7, pp. 76-80, Rio de Janeiro.
44. 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, pp. 97-156.
45. SILVA, J. F. da (1876): Descrição do Itatiaia ou Itatiaio, Inst. Geogr. Ethnogr. Bras., t. XXXIX, parte I, pp. 413-418, Rio de Janeiro.
46. SILVEIRA, J. D. da (1942): Itatiaia, Anais do 9º Congr. Bras. Geogr., v. II, pp. 607-619, Rio de Janeiro.
47. TEIXEIRA, D. (1961): Relêvo e padrões de drenagem na chaminé vulcânica do Itatiaia, Bol. Paul. Geogr., n. 37 pp. 3-12, São Paulo.

48. VOROBIEVA, O. A. (1960): Alkali rocks of the U.S.S.R., XXI Intern. Geol. Congr., pte. XIII, pp. 7-17, Copenhagen.
49. RUELLAN, F. (1953): Le role des plis de fond dans la structure et le relief du bouclier sud-americain, Congr. Geol. Intern. (1962), sec. III, fascic. III, pp. 241-261, Alger.
50. MENESCAL CAMPOS, J. (1941): Calcário dolomítico nas cercanias de Volta Redonda, Estado do Rio, Min. Met., v. 5, n. 29, pp. 212-216, Rio de Janeiro.