

FACULDADE DE FILOSOFIA CIÊNCIAS E LETRAS DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

BOLETIM No. 302

GEOLOGIA N.º 22

SÃO PAULO · BRASIL · 1967

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

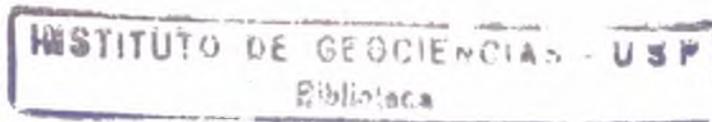
Instituto de Geociências



6 7 2 0 7 2 - 3 0 0

**Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da
Universidade de São Paulo**

n.22(1967)



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS

BOLETIM N.º 302
GEOLOGIA N.º 22
SÃO PAULO
BRASIL
1967



Evaristo Ribeiro Filho

GEOLOGIA E PETROLOGIA DOS MACIÇOS ALCA-
LINOS DO ITATIAIA E PASSA-QUATRO 5

Faustino Penalva

GEOLOGIA E TECTÔNICA DA REGIÃO DO ITATIAIA 95

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Reitor: — Prof. Dr. Luís Antônio da Gama e Silva

Vice-Reitor: — Prof. Dr. Mário Guimarães Ferri

FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS

Diretor: — Prof. Dr. Mário Guimarães Ferri

Vice-Diretor: — Prof. Dr. Erwin Theodor Rosenthal

Secretário-Substituto: — Lic. Eduardo Marques da Silva Ayrosa

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA E PALEONTOLOGIA

Diretor: — Professor Dr. Viktor Leinz

Cadeira de Geologia (Geologia, Geologia do Brasil, Geologia Histórica,
Geoquímica e Topografia):

Professor Catedrático: Dr. Viktor Leinz

Professor Associado: Dr. Ruy Ozório de Freitas (Livre-Docente)

Professor Colaborador: José Carlos Rodrigues (Engenheiro)

Professores Assistentes: Drs. Evaristo Ribeiro Filho, Franco Levi e
Sérgio Estanislau do Amaral.

Instrutores: Adolpho José Melfi, Andrea Bartorelli, Antonio Ribeiro
Junior, Aledir Paganelli Barbour, Arnaldo Sérgio Kutner,
Bruno Minioli, Koji Kawashita, Maria Szikszay, Milton
Assis Kanji e Umberto Giuseppe Cordani.

Auxiliar de Ensino: Sr. Roberto de Freitas.

Cadeira de Paleontologia:

Professor Catedrático: Dr. Josué Camargo Mendes

Professor Assistente: Dr. Antonio Carlos Rocha Campos

Instrutores: Ana Maria Vieira de Carvalho, José Eduardo Farjallat,
Riuti Yoshida.

Cadeira de Geologia Econômica:

Professor Contratado em regência de Cátedra: Dr. Reinholt Ellert
(Livre-Docente)

Instrutor: Gilberto Amaral

Cadeira de Sedimentologia e Estratigrafia: Professor contratado em
regência de Cátedra: Dr. Setembrino Petri (Livre-Do-
cente)

Instrutores: Kenitiro Suguio e Vicente José Fúlfaro.

Cadeira de Geofísica e Geologia Estrutural: Professor contratado em
regência de Cátedra: Dr. Pierre René Taltasse

Professor Assistente: Dr. André Davino

Instrutor: Nelson Ellert

Cadeira de Prospecção e Aerofotogeologia: Professor contratado em
regência de Cátedra: Dr. Geraldo Conrado Melcher

Instrutores: Eduardo Camilher Damasceno e Helmut Born

Tôda correspondência deverá ser dirigida ao Departamento de Geologia
da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São
Paulo — Caixa Postal 8 105, São Paulo, Brasil.

All correspondence should be adressed to the Departament of Botany
Caixa Postal 8 105 São Paulo, Brasil.

GEOLOGIA E PETROLOGIA DOS MACIÇOS ALCALINOS
DO ITATIAIA E PASSA-QUATRO
(Sudeste do Brasil)

Evaristo Ribeiro Filho

Entregue para publicação em 4 de junho de 1964.

ÍNDICE

Abstract	9
Resumo	13
Introdução e trabalhos anteriores	15
Agradecimentos	17
Terminologia e métodos	18
Mapas e delimitação da área	19
Geologia geral	21
Rochas do embasamento cristalino	22
Biotita-gnaïsse	22
Biotita-hornblenda-gnaïsse	22
Hornblenda-gnaïsse	23
Gnaïsse granítico	24
Gnaïsse quartzítico	24
Gnaïsse migmatítico	24
Anfibolito	26
Biotita-gnaïsse alcalino	26
Sedimentos	28
Sedimentos clásticos	28
Depósito de talude	29
Rochas da intrusão alcalina	29
Nefelina-sienitos e sienitos	30
Sodalita-nefelina-sienito	32
Nefelina-microsienito	33
Hornblenda-nefelina-sienito	34
Biotita-hastingsita-sienito	34
Aegirina-sienito	36
Aegirinaugita-hornblenda-sienito	37
Biotita-nefelina-sienito pegmatóide	37
Sienito porfirítico	37
Sienito com xenólitos	37
Nefelinasienito bandeado	37
Tinguaito com pseudo-leucita	41
Pulaskitos	43
Foiaitos	46
Nefelina-sodalita-foiaito	47
Microfoiaito	47

Quartzo-sienitos	47
Quartzo-sienito glomérulo porfiróide	48
Nordmarkito porfirítico	49
Nordmarkito equigranular	49
Nordmarkito de granulação grossa	49
Nordmarkito granular miarolítico	50
Granito alcalino	51
Brechas	52
Considerações gerais	52
Descrição macroscópica	56
Microscopia das brechas	57
Classificação	58
Quartzo-microsienito relacionado a brecha	62
Milonitos	62
Diques	63
Halos pleocróicos	63
Petrogênese das rochas alcalinas do Itatiaia	67
Gênese das brechas	75
Maciço alcalino de Passa-Quatro	79
Conclusões	87
Bibliografia	89

ABSTRACT

This is the representation of the results of both geological and petrological study of the alkaline province of Itatiaia-Passa Quatro. This region is situated on the sierra Mantiqueira, around the borders of the states of Minas Gerais, Rio de Janeiro and São Paulo. This region with an area of approximately 1.300 km², according to Lamego's estimate, has already been cited as an example of one of the greatest syenitic regions. In accordance with the data from the geological map elaborated during our research, the area of the alkaline rocks is estimated to be 330 km², corresponding to less than half the extent of the alkaline massif of Poços de Caldas, Minas Gerais. The Itatiaia massif has an area of 220 km², and that of Passa Quatro 110 km². The total area is thus shared by the named regions.

Both bodies of the alkaline rocks are elliptical in outline, that of Itatiaia having its greatest axis, with 31 km in the NW-SE direction and its smallest axis, with 12 km, in the NE-SW direction. The massif of Passa Quatro has its greatest axis striking NE-SW and the smallest, NW-SE, extending 17 and 18 km respectively.

The alkaline complex of Itatiaia consists of syenites, foyaites, pulaskites, quartz-syenites, breccias and alkaline granites. The presence of these different petrographical types is due to the fact that the minerals have been distributed in variable proportions, as well as textural modification, more than mineralogical differences.

There is a gradual transition of saturated and unsaturated rocks principally on the plains where the quartz-syenites outcrop. Thus the percentage of quartz increases imperceptively

from 2% in the quartz-syenites at the contact with breccias to more than 5% in nordmarkites, and increases to a maximum of 27,5% in the alkaline granite which outcrops in the central part of the massif.

The quartz-syenites that outcrop almost in the central part of the alkaline massif, may represent the final phase of magmatic differentiation. Granophyritic texture which the quartz-syenites and the alkaline granite of Itatiaia present suggest a final crystallization in cupolas of a closed system.

The syenitic rocks are in a greatest part of the area, in contact with Pre-cambrian gnaiss striking predominantly in N-NE and dipping to the south. At the south-east the massif of Itatiaia is a poorly defined contact with the clastic sediments forming part of the Tertiary basin (?) of Resende and with more recent talus which possibly conceals the rocks of the crystalline complex.

The magmatic breccias of Itatiaia present variations in nature, form and dimensions of the fragments as well as quantitative relationship with the fragmented matrix and consequently do not display an uniform colour apart from the magmatic breccias. Monolithologic breccias of tectonic origin occur in other places.

Genetically it has been admitted that the alkaline rocks were the products of a probable differentiation of a basaltic magma. On the other hand, it is explained that tectonic environment is an undoubtful tool in these events. The possibility of assimilation of Precambrian regional rocks for the events however must also be kept in mind.

The pleocroic haloes, found around biotite crystals of some of the syenites foyaites, might have been originated from primary biotite that was in the alkaline magma.

Bauxite occurs in the Itatiaia-Passa Quatro alkaline massif. Some of the bauxite are explored as a source of raw material for the production of aluminium sulphate.

In accordance with the data obtained from age determination by the Potassium-Argon method carried on with two samples of nepheline-sienite, the intrusion of the alkaline rocks of the Itatiaia occurred in Early Tertiary (64.3 and 64.7 million years)

RESUMO

Neste trabalho são apresentados os resultados de estudo geológico-petrográfico da província alcalina Itatiaia-Passa Quatro, localizada na serra da Mantiqueira, nos limites dos Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. Esta região já foi mencionada como exemplo de uma das maiores ocorrências de rochas sieníticas, com área de aproximadamente 1.300 km², conforme estimativa de Lamago⁴⁶. De acordo com os dados do mapa geológico elaborado durante as nossas pesquisas a área de rochas alcalinas é estimada em 330 km², correspondendo a menos da metade da extensão do maciço alcalino de Poços de Caldas, Minas Gerais. Do total desta área, o maciço do Itatiaia compreende 220 km² e o de Passa-Quatro 110 km².

Ambos os corpos de rochas alcalinas são de contorno elíptico sendo que o do Itatiaia tem seu maior eixo, com 31 km, na direção NW-SE e o menor, com 12 km, na direção NE-SW. O maciço de Passa Quatro possui o maior eixo na direção NE-SW e o menor na direção NW-SE, respectivamente com 17 e com 8 km de extensão.

O complexo alcalino do Itatiaia é formado de sienitos, foiaítos, pulaskitos, quartzo-sienitos, brechas e granito alcalino. A existência dos diferentes tipos petrográficos é mais uma consequência da distribuição dos minerais em proporções variáveis, bem como de modificações na textura, do que das diferenças mineralógicas.

Principalmente na área do planalto, onde afloram os quartzo-sienitos, há uma transição gradual de rochas saturadas a supersaturadas. Assim é que os teores de quartzo aumentam gradativamente de 2% nos quartzo-sienitos em contacto com as brechas, a mais de 5% nos nordmarkitos, e atingem o máximo de 27,5% no granito alcalino que aflora na parte central do maciço.

Os quartzo-sienitos que afloram mais ou menos na região central do maciço alcalino, devem representar a fase final da diferenciação magmática.

A textura granofírica, frequente nos quartzo-sienitos e no granito alcalino do Itatiaia, sugere cristalização final em cúpula de sistema fechado.

O contacto das rochas sieníticas, na maior parte da área, é com gnáisses pré-cambrianos, com orientação predominante N-NE, mergulhando para o sul. A sudeste, o maciço do Itatiaia esta em contacto pouco nítido com sedimentos clásticos pertencentes à bacia terciária (?) de Resende e com talus mais recentes que possivelmente recobrem rochas do embasamento cristalino.

As brechas magmáticas do Itatiaia mostram variações quanto à natureza, forma e dimensões dos fragmentos, quanto à relação quantitativa matriz-fragmentos e conseqüentemente quanto a côr. Além das brechas magmáticas, em algumas zonas ocorrem brechas monolitológicas de origem tectônica.

Para a gênese das rochas alcalinas é admitida uma provável diferenciação a partir de magma basáltico. Por outro lado, é também ressaltada a importância do ambiente tectônico nestes eventos, bem como da possível assimilação de rochas do embasamento.

Os halos pleocróicos evidenciados em cristais de biotita de alguns dos sienitos e foiaítos do Itatiaia, possivelmente se originaram em biotitas primariamente ligadas ao magma alcalino.

Na província alcalina Itatiaia-Passa Quatro há ocorrências de bauxito, algumas das quais já em exploração como fonte de matéria prima para a produção de sulfato de alumínio.

De acôrdo com os dados obtidos na determinação da idade, pelo método do potássio-argônio, em duas amostras de nefelina-sienito, a intrusão das rochas alcalinas do Itatiaia teria ocorrido no início do Terciário (64,2 e 64,7 milhões de anos).

INTRODUÇÃO E TRABALHOS ANTERIORES

Algumas das ocorrências de rochas alcalinas do Brasil já haviam sido descritas, antes que a atenção geral dos geólogos e petrólogos estivesse voltada para os seus problemas petrológicos, petrográficos, estruturais e genéticos. Assim é, que em 1887, Derby¹² escreve sobre as rochas alcalinas do Brasil, citando os foiaítos, sienitos e fonolitos do Itatiaia, além de mencionar o fato de que a primeira notícia sobre as rochas sieníticas do Brasil, fôra dada por Lasaulx, ao descrever uma amostra do Itatiaia, enviada por Bauer. Ainda é Derby¹³ que em 1889, num trabalho sobre os picos altos do Brasil, fala da atividade vulcânica que teria ocorrido na região do Itatiaia. Daí por diante, alguns geólogos e geomorfólogos, interessaram-se por investigar a área de rochas alcalinas do Itatiaia, sob diversos aspectos.

Em 1905, Dunsen¹⁵, num estudo sobre a flora do Itatiaia, dá um resumo da geologia regional, no qual estão citadas as cinco amostras alcalinas estudadas por Backstrom, entre as quais está o "alcali sienito quartzífero" das Agulhas Negras.

Em 1925, Oliveira⁵⁵, num estudo sobre as épocas metalogenéticas do Brasil, cita os magmas foiaíticos como relacionados ao diastrofismo hercíniano.

Em 1936, Lamego⁴⁶ descreve a geologia e petrografia, além de discutir os aspectos relativos à gênese do maciço alcalino do Itatiaia. Este trabalho pioneiro tem o mérito de ser acompanhado pelo mapa geológico da enorme área, classificada então como a segunda do mundo, com 1.224 km² de rochas alcalinas.

Em 1938, Pinto⁶⁰ menciona as ocorrências de bauxito do Itatiaia.

Em 1944, 1947, 1951 e 1956, Freitas^{23, 24, 25, 26}, estudando as ocorrências de rochas alcalinas do Brasil meridional.

nal, estabelece a relação das intrusões destas rochas insaturadas com fenômenos correspondentes, ligados ao tectonismo da Serra do Mar e Mantiqueira. Admite ainda para o caso especial do Itatiaia, uma origem mista, ou seja, plutônica e vulcânica.

Em 1947, Guimarães³¹ defende a tese da origem das rochas alcalinas por diferenciação de um magma básico, relacionado ao derrame basáltico que atingiu grande área do sul do Brasil. Ressalta por outro lado, a importância do ambiente tectônico

Em 1957, Pierson, Haynes e Ribeiro Filho⁵⁹, ao citarem anomalias radioativas detectadas nas rochas alcalinas do Itatiaia, recomendam um levantamento pormenorizado da área.

Em 1959, Mau e Coutinho⁵² estudaram veio carbonático com terras raras e tório, no Maciço do Itatiaia.

Todos os outros trabalhos abaixo mencionados, abordaram principalmente aspectos geomorfológicos da região do Itatiaia e das zonas circundantes.

Silveira⁶⁸, De Martone¹⁰, Rich⁶², Domingues¹⁴, Ruellan⁶³,⁶⁴ Ab'Sáber e Bernardes¹, King⁴³, e Maack⁴⁹ discutiram essencialmente os problemas concernentes à possível glaciação pleistocênica do Itatiaia, acumulando argumentos que a comprovariam.

Em 1955, Odman⁵⁴ esclarecendo que não seria possível um trabalho conclusivo, tanto pela escassez do tempo quanto pelo pequeno número de observações, salienta principalmente dois argumentos contrários à glaciação pleistocênica do Itatiaia: a origem dos panelões e caneluras por intemperismo, e a dificuldade de harmonizar-se a linha de neve perene com as altitudes máximas do Itatiaia.

Mais recentemente, Ebert¹⁷ volta ao tema abordado pelos autores que o precederam, para demonstrar as evidências da glaciação pleistocênica na parte nordeste do maciço alcalino.

Em 1961, Teixeira⁷², estudando o relêvo e padrões de drenagem do Itatiaia, menciona os fenômenos ligados à intrusão de um dique anelar de tinguaito.

Parece estranho que tenhamos escolhido para assunto da nossa tese de doutoramento, uma área como esta do Itatiaia, que já fôra motivo para algumas investigações petrográfico-geológicas e geomorfológicas. Entretanto o fizemos, primeiro, por tratar-se de uma extensa área, que apesar de estar próxima aos dois maiores centros demográficos e industriais do País, perdurava com a geologia mal conhecida. Muitos dos problemas petrográficos, petrológicos, genéticos e estruturais, bem como as relações que entre êles existem, estavam a merecer melhor estudo. Fomos levados a executar êste trabalho, também por acreditarmos que a constante e natural evolução dos conhecimentos geológicos, particularmente os referentes às rochas alcalinas, tão estudadas nos últimos anos, abre novas perspectivas e possibilidades para observações e interpretações. Corroboram com as razões já citadas, a certeza que tínhamos, de que tanto as condições materiais, como a facilidade de acesso ao local, permitiriam elaborar um mapa geológico em escala conveniente, bem como, abordar aspectos ainda não ventilados pelos geólogos que nos antecederam.

AGRADECIMENTOS

Consignamos os nossos melhores agradecimentos ao Prof. Dr. Viktor Leinz, pela valiosa orientação que deu a êste nosso trabalho.

A execução dêste trabalho foi facilitada pela eficiente colaboração dos administradores do Parque Nacional do Itatiaia, Agrônomos Antônio Garcia e Raimundo Girard Barros da Silva. Entre os vários funcionários do Parque Nacional que nos auxiliaram destacamos os Srs. Hélio Gouveia e Fernando Ribeiro.

Ao Dr. José Moacyr V Coutinho, agradecemos o auxílio prestado na solução de alguns problemas petrográficos.

Agradecemos ao Prof. Mauro Ricci por nos ter ajudado na parte de fotogrametria.

Somos gratos ao Dr. Faustino Penalva, nosso companheiro durante os trabalhos de campo e coautor do mapa geológico.

Ao Dr. Sérgio E. do Amaral somos agradecidos pela ajuda que nos prestou na revisão do texto.

À Sra. Melany Thereza Isauk, agradecemos a esmerada confecção de tôdas as lâminas petrográficas e seções polidas usadas na realização das nossas pesquisas.

TERMINOLOGIA E MÉTODOS

A classificação das rochas e os termos texturais empregados nas descrições litológicas do presente trabalho, foram baseados principalmente nos compêndios de Heinrich³⁵, Johannsen⁴¹, e Williams, Turner e Gilbert⁷⁸

Para definir a granulação foi adotado o critério de Williams et al., segundo o qual, são rochas de granulação fina aquelas que possuem a maioria dos grãos com diâmetro inferior a 1 mm; são de granulação média, quando entre 1 e 5 mm; de granulação grossa, quando entre 0,5 e 3 cm; muito grossa quando maior que 3 cm.

Ao termo que define a rocha, quando necessário, foi adicionado o nome de um ou mais minerais acidentais. Quanto maior a porcentagem do mineral acidental, tanto mais próximo estará o seu nome da palavra que define a rocha. Assim, nefelina-sodalita-foiaíta qualifica um foiaíta que contém nefelina e sodalita, porém êste último em maior porcentagem.

Para facilitar a identificação e contagem dos feldspatóides, algumas lâminas foram atacadas por ácido clorídrico concentrado e posteriormente coradas por azul de metileno diluído (Wahlstrom⁷⁷)

A composição modal das rochas foi determinada aplicando-se o **contador por pontos: "Point Counter"** (Chayer⁶, 7)

As amostras para análises químicas foram coletadas obedecendo-se a relação existente entre a granulação média da rocha, precisão da análise e quantidade de amostra (Laffite ⁴⁵).

MAPAS E DELIMITAÇÃO DA ÁREA

A área das nossas investigações geológicas, encravada na serra da Mantiqueira, está situada próxima à Br-2, no trecho desta estrada que liga o Rio de Janeiro a São Paulo. Abrange terras dos estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo, localizadas nos municípios de Resende, Itanhandu, Passa Quatro, Cruzeiro, Lavrinhas e Queluz. Como principais pontos de referência temos as cidades de Itatiaia e Engenheiro Passos, ambas no estado do Rio de Janeiro e situadas respectivamente nos trechos compreendidos entre os marcos quilométricos 155 e 168 da Br-2 (via Presidente Dutra) (Fig. 6)

As principais vias de acesso são as rodovias Br-2 e Rio-Caxambu (Br-58), e as estradas que ligam as três cidades mineiras de Itamonte, Itanhandu e Passa Quatro.

O sistema de drenagem da região, abrange rios que fazem parte da bacia do rio Paraíba, entre os quais podem ser mencionados alguns da vertente sul, como os rios do Salto, Palmital, Itatiaia, Campo Belo, e rios que pertencem à drenagem da bacia do Paraná tais como o Capivari, Verde e Aiuruoca.

Neste nosso trabalho trataremos de dois corpos distintos de rochas alcalinas, que, para facilidade de explanação, serão denominados Maciço do Itatiaia e Maciço de Passa Quatro, por estarem localizados próximos às cidades de mesmo nome. Ab'Sáber e Bernardes ¹, fazem referência ao Maciço de Passa Quatro, denominado de serra ou maciço de Queluz por Ruelan, e que constitui um bloco monolítico isolado do Maciço do Itatiaia pela garganta do Registro.

O único mapa geológico da região foi executado por Lamego⁴⁶, na escala de 1:600.000, sendo portanto inadequado para o levantamento geológico com os pormenores necessários ao nosso trabalho.

O mapa altimétrico executado em 1957, por Serviços Aerofotogramétricos Cruzeiro do Sul S. A., por solicitação do Minis-

tério da Agricultura, abrange somente 1/3 da área total a ser coberta pelo mapa geológico. Esta área, que está situada na parte central da região pesquisada, corresponde ao território de propriedade do Parque Nacional do Itatiaia.

Para solucionar esta dificuldade de mapa base, foi então elaborado um mapa planimétrico, por extensão periférica do mapa pré-existente, de modo a cobrir toda a região de interesse. Este mapa planimétrico complementar, foi construído pelo processo de triangulação radial gráfica, aplicando-se o método de decalque ("Hand Templet Method"), através do qual se tornou possível a obtenção de pontos suplementares de controle na parte periférica, a partir de pontos de controle tirados do mapa executado pela Cruzeiro do Sul S. A. Estes pontos suplementares permitiram assim, que os pormenores das fotografias aéreas fossem transferidos corretamente, por meio de câmara clara fotogramétrica ("Aero-Sketchmaster")

Durante a elaboração do mapa geológico, as observações de campo foram inicialmente compiladas em mapa com a mesma escala das fotografias aéreas (1:25 000) Posteriormente, para facilidade de publicação, os dados assim obtidos foram transportados para um outro mapa reduzido à escala de 1:50.000. Noutro de escala 1:100.000, construído pela junção de mapas municipais, estabelecemos a relação dos corpos alcalinos do Itatiaia e de Passa Quatro.

No Itatiaia, as linhas de contacto das rochas alcalinas com o embasamento cristalino, admitidas como verificadas, não correspondem a contactos lado a lado, de rochas no estado fresco, mas sim, a zonas de contacto acompanhadas no campo e com precisão variável entre 20 e 100 metros. Isto decorre, naturalmente, do intenso intemperismo a que as rochas estão sujeitas e da densa cobertura vegetal.

As linhas de demarcação dos contactos inferidos foram estabelecidas por dedução das observações de campo e por foto-interpretação.

No caso dos sienitos, brechas e quartzo-sienitos, em que a passagem de um para outro tipo de rocha é gradual, as linhas de contacto quase sempre marcam as zonas de transição.

O mapa executado abrange uma área total de 600 km², dos quais somente 221 km² correspondem a rochas alcalinas. Os sienitos e foiaítos perfazem uma área de 190 km², os quartzosienitos 21 km², e as brechas 10 km².

Durante tôdas as fases de execução do mapa geológico, contamos com a valiosa colaboração do colega Faustino Penalva.

GEOLOGIA GERAL

Na área estudada afloram rochas metamórficas do Pré-Cambriano brasileiro, constituindo diferentes tipos de gnaisses, com xistosidade predominante entre NE e ENE, mergulhando para o sul de 20 a 80°.

Na maior parte da área estas rochas são de difícil observação, por se apresentarem com espesso manto de decomposição.

Mesmo nas zonas de contacto com as rochas sieníticas, a xistosidade regional persiste, o que de certo modo indica que se a intrusão alcalina causou deformações nas rochas do embasamento, estas não se evidenciam.

Alguns diques de rochas básicas e também de rochas alcalinas afaníticas cortam os gnaisses.

Em um afloramento somente, pudemos observar evidências de fenitização parcial do gnaisse. Entretanto, o estado de alteração das rochas não permitiu que a passagem do gnaisse a gnaisse fenitizado, fôsse melhor estudada.

São estas rochas do embasamento cristalino, que limitam os dois corpos de rochas alcalinas, que se salientam na topografia, tanto por modelarem relevos de maiores altitudes, quanto por constituírem bons afloramentos na maior parte da área em que ocorrem.

As rochas alcalinas do Itatiaia apresentam grande diversificação na granulação, na textura, no arranjo dos componentes minerais, e conseqüentemente no aspecto macroscópico. Embora formem corpos de dimensões médias, quando comparados às intrusões de rochas alcalinas de outras partes do globo terrestre, confirmam a regra estabelecida por Backlund³, quanto à variabilidade dos tipos petrográficos, pois ali ocorrem di-

ferentes tipos de rochas, como sejam: sienitos, nefelina-sienitos, sodalita-nefelina-sienitos, sodalita-sienitos, aegirina sienitos, aegirinaugita-hornblenda-sienito, hornblenda-sienito, biotita-hornblenda-sienito, biotita-sienito, sienito bandeado, quartzo-sienitos, foiaítos, brechas e granito alcalino.

As rochas sieníticas distinguem-se principalmente pela variação no conteúdo de máficos, pela desigualdade nas proporções de nefelina e pelas modificações texturais.

Na escarpa sul do maciço alcalino do Itatiaia, a leste de Engenheiro Passos, ocorrem sedimentos clásticos admitidos como pertencentes à bacia terciária de Resende, cobertos parcialmente por espesso manto de talus. Este talus é formado por seixos e blocos dos vários tipos de rochas alcalinas que existem no Itatiaia, e em menor porcentagem por seixos e blocos de gnáisses.

Os dois corpos de rochas alcalinas, o do Itatiaia e o de Passa Quatro, situados à esquerda do vale do rio Paraíba, com êle contras am por apresentarem um desnível de 2.000 metros, entre o vale e a região do planalto.

ROCHAS DO EMBASAMENTO CRISTALINO *

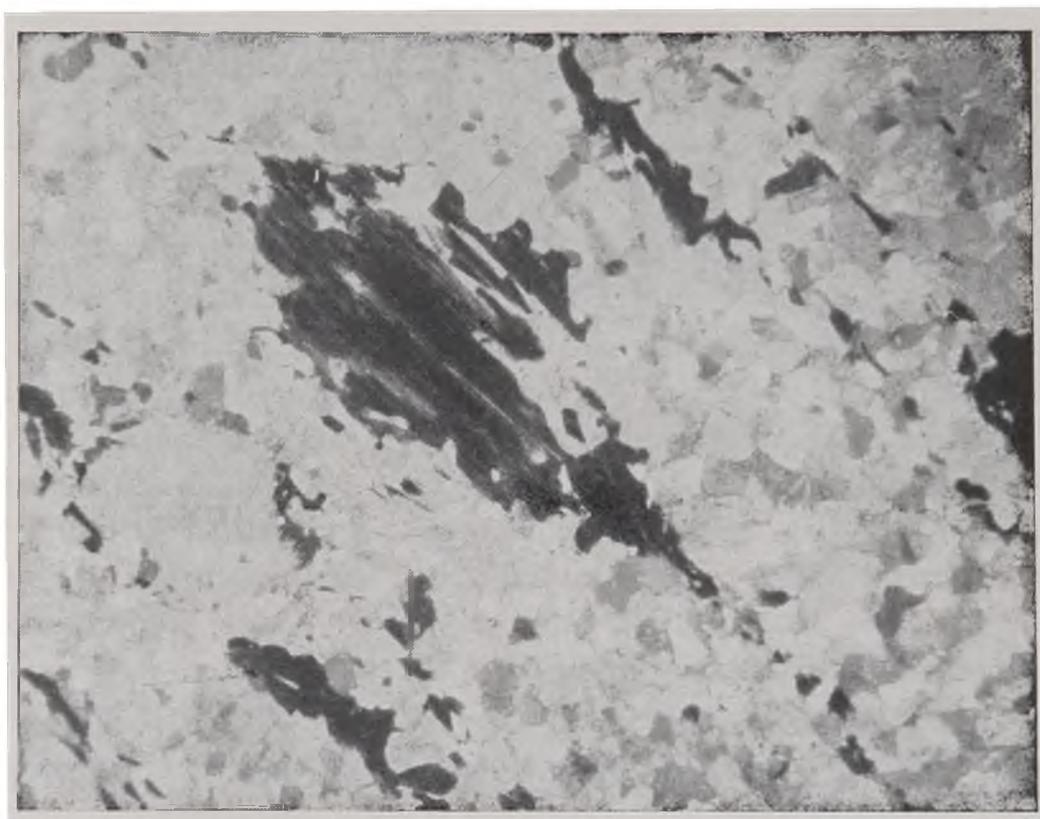
Biotita-gnaisse. Ocorre na estrada Rio-Caxambu, e com mais freqüência na estrada para Mauá.

São rochas de granulação média a grossa, textura granoblástica e xistosidade nítida, onde faixas de biotita sobressaem. Em várias amostras o ortoclásio é o feldspato mais freqüente, enquanto o plagioclásio um mineral subordinado. Amostras há, em que a porcentagem de plagioclásio aumenta, sem contudo chegar a igualar-se à porcentagem de ortoclásio. Os cristais de biotita são lamelares e alongados, imprimindo à rocha nítida xistosidade.

Biotita-hornblenda-gnaisse. Ocorre em vários afloramentos da estrada para Mauá. É uma rocha escura de granulação média, textura granoblástica, com a xistosidade bem marcada

* Ver mapa dos afloramentos (Fig. 6)

pelas faixas claras e escuras que se alternam. Os cristais de ortoclásio e quartzo são equigranulares. A albita forma cristais sub-idiomorfos maiores, porém existe em menor porcentagem que o ortoclásio. A hornblenda é o máfico mais abundante. Está presente tanto em cristais alongados segundo a xistosidade, como em cristais maiores não orientados. Os cristais de biotita são lamelares e bem orientados (fotomicrog. 1).



Fotomicrografia 1 — Estrutura orientada em biotita-hornblenda-gnaisse. x 25. Nicol a 60°.

Hornblenda-gnaisse. Ocorre nas fazendas Dois Irmãos e Valparaíso, próximo ao contacto sudoeste do maciço alcalino. É uma rocha clara, de granulação média, textura granoblástica e com a xistosidade proeminente graças às faixas regulares de hornblenda. Contém principalmente albita, ortoclásio peritítico, quartzo, hornblenda e pequena porcentagem de biotita. Neste hornblenda-gnaisse são comuns bandas escuras formadas por concentração de biotita. Nestas bandas há também cristais de diopsídio, isolados ou inclusos na biotita.

Gnaiss granítico. Aflora em vários cortes da estrada do Registro para as Agulhas Negras, e no trecho da estrada Rio-Caxambu compreendido entre Registro e a Capelinha. É uma rocha clara, de granulação média e de textura equigranular. Os componentes mineralógicos principais são feldspato e quartzo. Subordinadamente existe biotita, hornblenda, granada e ilmenita.

Gnaiss quartzítico. Ocorre no caminho de Mauá para as Agulhas Negras, próximo ao contacto com as alcalinas. É uma rocha semelhante ao gnaiss-granítico, com maior porcentagem de quartzo.

Gnaiss migmatítico. Aflora numa pedreira próxima ao km 12 da rodovia Rio-Caxambu, no município de Queluz. Este afloramento está localizado perto da zona de contacto com o corpo alcalino de Passa Quatro. Esta rocha se caracteriza pela estrutura gnáissica predominante e pela abundância de estruturas semelhantes a dobras ptigmáticas. Ao longo do afloramento aparecem áreas de rocha clara, de textura granular e rica em granada, cujas dimensões dos cristais variam de milímetros até 10 cm. Há também faixas claras pegmatóides, quartzo-feldspáticas, que exibem textura gráfica e grandes cristais centimétricos de biotita.

A rocha gnáissica apresenta estrutura fitada, constituída por faixas escuras, ricas em biotita, que se alternam irregularmente com faixas claras de estrutura granular-gnáissica.

Na análise microscópica desta rocha preferimos distinguir duas partes. Estudo da rocha escura de estrutura gnáissica e estudo da rocha clara, de textura granular e rica em granada.

A rocha escura contém ortoclásio e plagioclásio (andesina) idioblásticos ou sub-idioblásticos, biotita, quartzo, granada e minerais opacos.

A rocha clara é rica em quartzo e granada, embora contenha subordinadamente ortoclásio, plagioclásio, biotita e minerais opacos (Fotos 1 e 2)

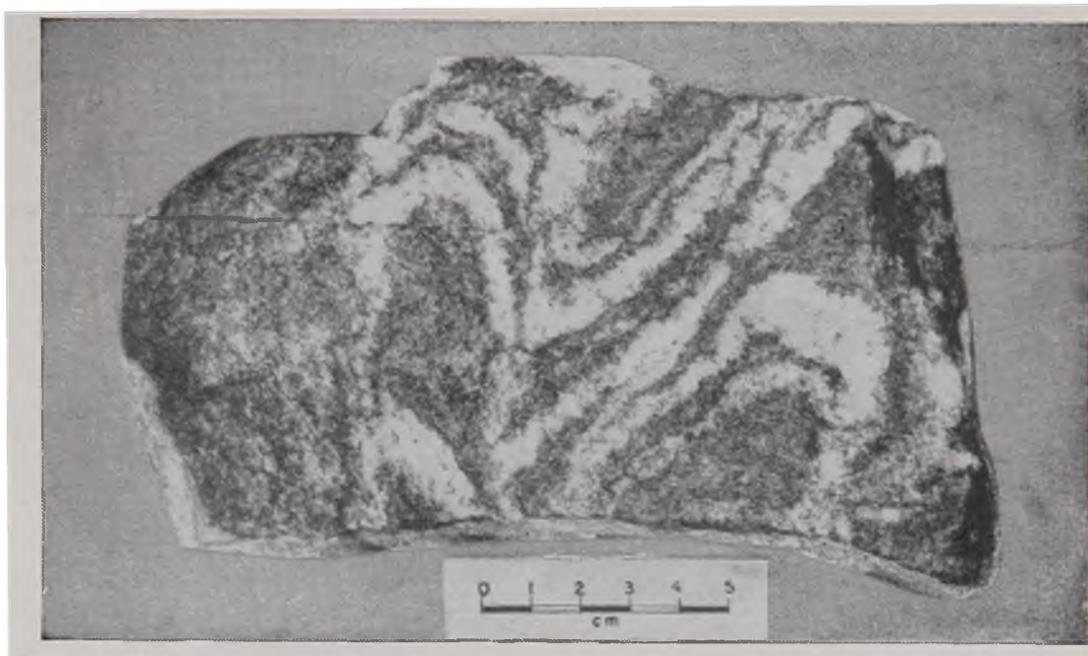


Foto 1 — Gnaiss migmatítico. Pedreira do km 12 da estrada Rio-Caxambu.

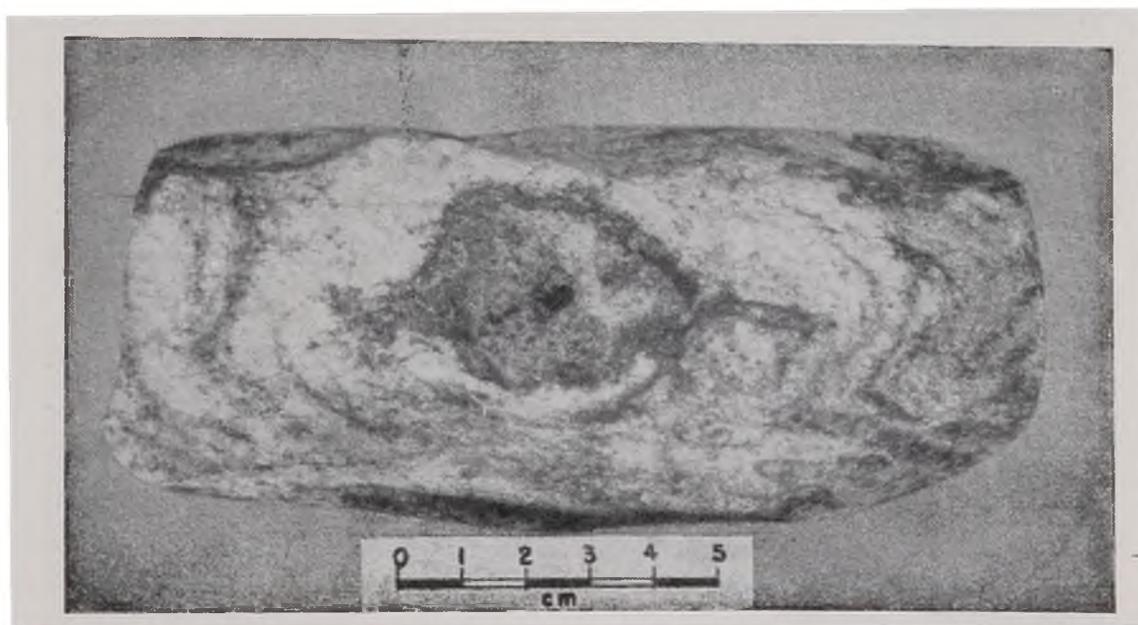


Foto 2 — Gnaiss migmatítico com cristal de granada. Pedreira do km 12 da estrada Rio-Caxambu.

Anfibolito. Ocorre próximo à margem esquerda do ribeirão Bonito e a sudeste dos Três Picos, em contacto com biotita-gnaiss. É uma rocha escura, de granulação fina e textura granoblástica. A atitude de sua xistosidade, E-W mergulhando para sul, coincide com a das encaixantes comuns, os gnaisses. Os minerais constituintes desta rocha são grandes cristais ou agregados de hornblenda, quartzo, andesina e biotita. Alguns veios claros, compostos de quartzo e feldspato, cortam o anfibolito.

Biotita-gnaiss alcalino. Aflora próximo à zona de contacto do embasamento cristalino hornblenda gnáissico, com as rochas sieníticas, a oeste do rio Carrapato, afluente do rio Paraíba e na região da fazenda Dois Irmãos.

Trata-se de uma rocha leucocrática em que listras claras e escuras se alternam regularmente, infundindo-lhe gnaissificação proeminente.

A textura é granoblástica, a estrutura gnáissica e a granulação variável de fina a média conforme a listra que se considere. Nas listras claras, constituídas principalmente de albita e ortoclásio a granulação é fina. Nas listras escuras compostas principalmente de biotita e hornblenda a granulação varia de fina a média.

Na composição mineralógica encontramos albita e ortoclásio (90,2%), quartzo (1,6%), biotita (3,8%), hornblenda (1,4%), minerais opacos, zirconita, titanita e fluorita (3,0%)

Há zonas em que o biotita-gnaiss contém faixas xistosas formadas de cristais alongados de biotita e augita.

A análise química bem como a composição mineralógica desta rocha poderiam sugerir sua formação a partir de gnaiss posteriormente fenitizado pelo magma alcalino. Entretanto as relações de campo e a análise petrográfica não fornecem elementos seguros quanto à possibilidade de gênese por processo metassomático (Fotos 3 e 4)

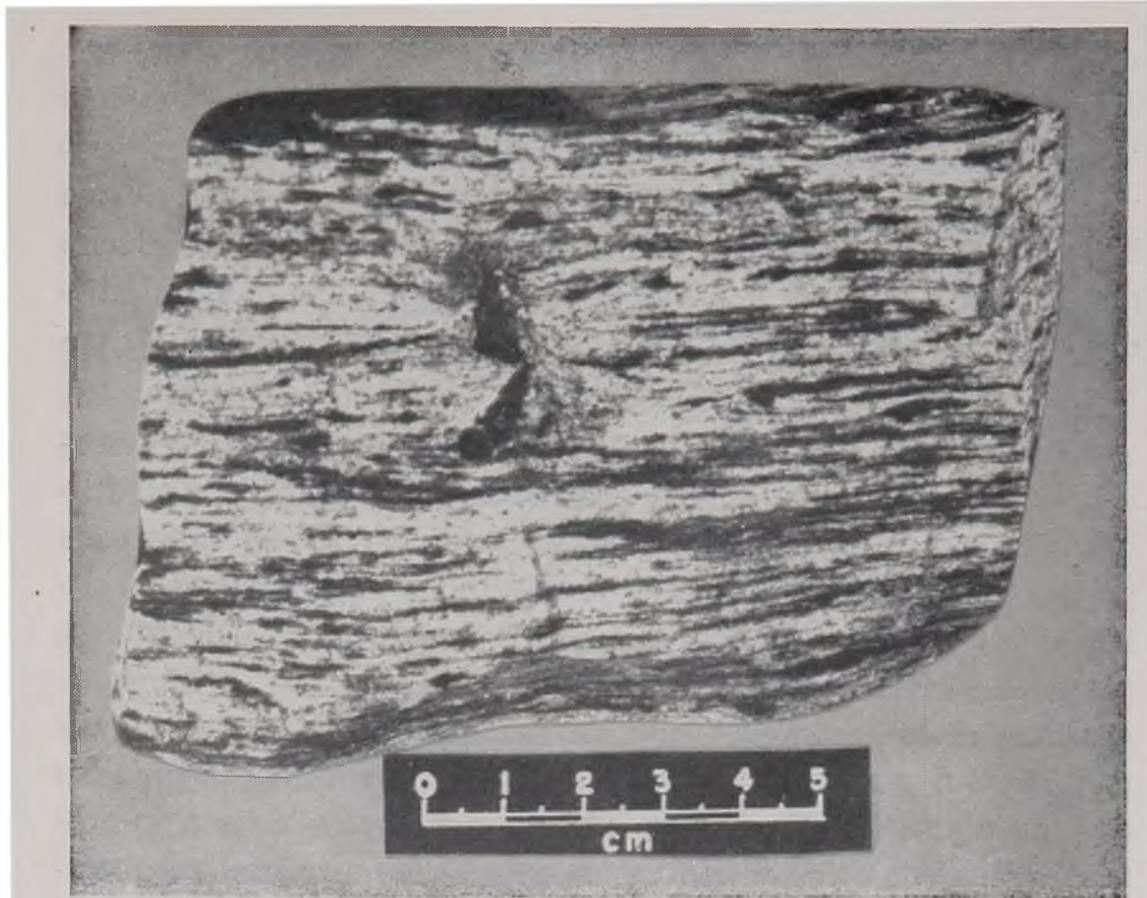


Foto 3 — Biotita-gnaisse alcalino. Fazenda Dois Irmãos.

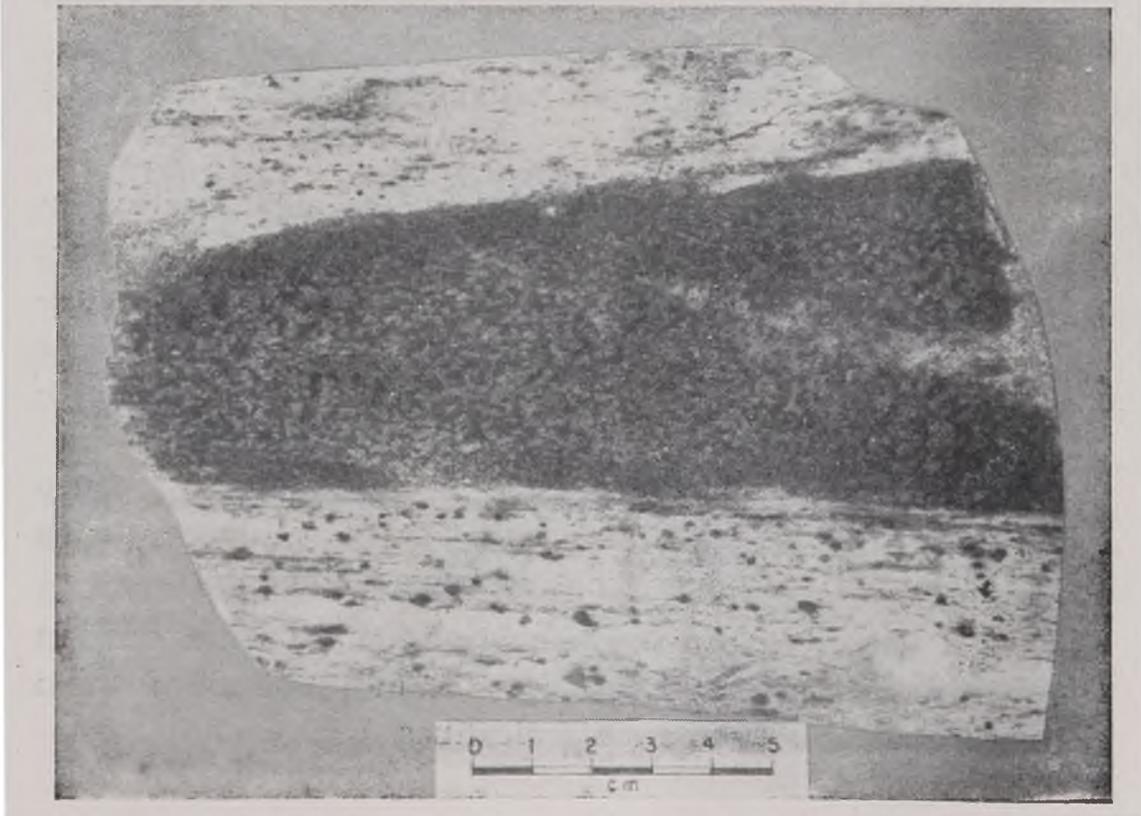


Foto 4 — Biotita-gnaisse alcalino com faixa escura rica em biotita e augita. Fazenda Dois Irmãos.

SEDIMENTOS

Em parte da escarpa sul do maciço alcalino, desde as proximidades de Engenheiro Passos a oeste, até a estrada para Mauá, a leste, o contacto das rochas alcalinas com o embasamento cristalino está coberto por sedimentos clásticos admitidos como pertencentes à bacia terciária de Resende, bem como por espessos depósitos de talus.

Sedimentos clásticos. As camadas avermelhadas, amareladas, ou ainda esverdeadas destes sedimentos são constituídas de argilitos, siltitos, arenitos e arenitos conglomeráticos pouco consolidados. Existe a possibilidade das rochas alcalinas do Itatiaia terem contribuído para a formação destes sedimentos. Neste caso, deveríamos encontrar entre os minerais pesados, alguns daqueles que são comuns somente nas alcalinas, como é o caso da titanita. A análise dos minerais pesados revelou a presença de minerais componentes das rochas do embasamento tais como ilmenita, zircão, granada, turmalina e monazita. Entretanto, não encontramos, como seria de se supor, a titanita, mineral pesado, freqüentemente e às vêzes abundantemente observado nos sienitos, nefelina-sienitos e foiaítos do Itatiaia.

A ausência de titanita nestes sedimentos poderia ser explicada das seguintes maneiras:

1.º A contribuição das rochas sieníticas para a formação dos sedimentos seria muito pequena, quando comparada com a grande quantidade de clásticos provenientes do gnaiss regional. Neste caso, a titanita, por estar muito diluída entre os outros minerais pesados mais comuns, raramente seria encontrada.

Convém salientar, entretanto, que esta diluição é pouco provável diante da estabilidade da titanita (Milner¹²), e da proximidade das rochas alcalinas da bacia sedimentar.

2.º A deposição dos sedimentos efetuou-se em época em que a erosão, transporte e deposição, eram ativos sobre o teto gnáissico que recobria as rochas alcalinas.

Preferindo esta segunda explicação, cremos que os freqüentes blocos de rochas alcalinas que aparecem como que afundados nos sedimentos terciários, podem ser originados por fenômenos posteriores à deposição dos sedimentos, mas contemporâneos à deposição do talus.

Depósito de talude. E' constituído de blocos dos vários tipos de rochas alcalinas que ocorrem no Itatiaia e em Passa Quatro, com dimensões variáveis de centímetros a alguns metros. Há blocos enormes que superam a 100 metros cúbicos. Os matações de gnaisses são menores e menos freqüentes. Tanto os blocos de rochas alcalinas como os de gnaisses, estão total ou parcialmente imersos em matriz mais fina que varia de argilosa a conglomerática. São comuns os blocos de rochas alcalinas que exibem decomposição esferoidal. Muitas vêzes os seixos ou pequenos blocos das rochas alcalinas apresentam uma capa de bauxitização, ainda que internamente persista um núcleo de rocha mais fresca. Lugares há, em que êstes seixos e blocos de alcalinas alteradas, constituem verdadeiros depósitos de bauxito, alguns dos quais já em exploração.

As linhas de contacto do depósito de talus com as rochas alcalinas, bem como com os sedimentos da bacia terciária, não podem ser traçadas com precisão, porque não há contacto nítido entre estas rochas.

ROCHAS DA INTRUSÃO ALCALINA

Aproximadamente metade da área de ocorrência das rochas alcalinas está compreendida em terras que pertencem ao Parque Nacional do Itatiaia, subordinado ao Ministério da Agricultura.

A intrusão alcalina do Itatiaia é de conformação externa aproximadamente elíptica, com eixo maior na direção NW-SE. O limite NW está no estado de Minas Gerais, no local denominado Capelinha, e a SE está no estado do Rio de Janeiro próximo à cidade de Itatiaia.

Da área total de 221 km², 190 km² correspondem a sienitos e foiaítos; 10 km² a brechas e 21 km² a quartzo-sienitos.

Tal como acontece em outras regiões do mundo onde ocorrem rochas alcalinas, as rochas do Itatiaia apresentam variações quanto ao jazimento, à textura, à granulação, à cor, e quanto à composição mineralógica. Dêste fato decorrem os diferentes aspectos das rochas, reconhecíveis mesmo macroscopicamente. As diferenças texturais e de coloração nem sempre correspondem a variações proporcionais na composição mineralógica.

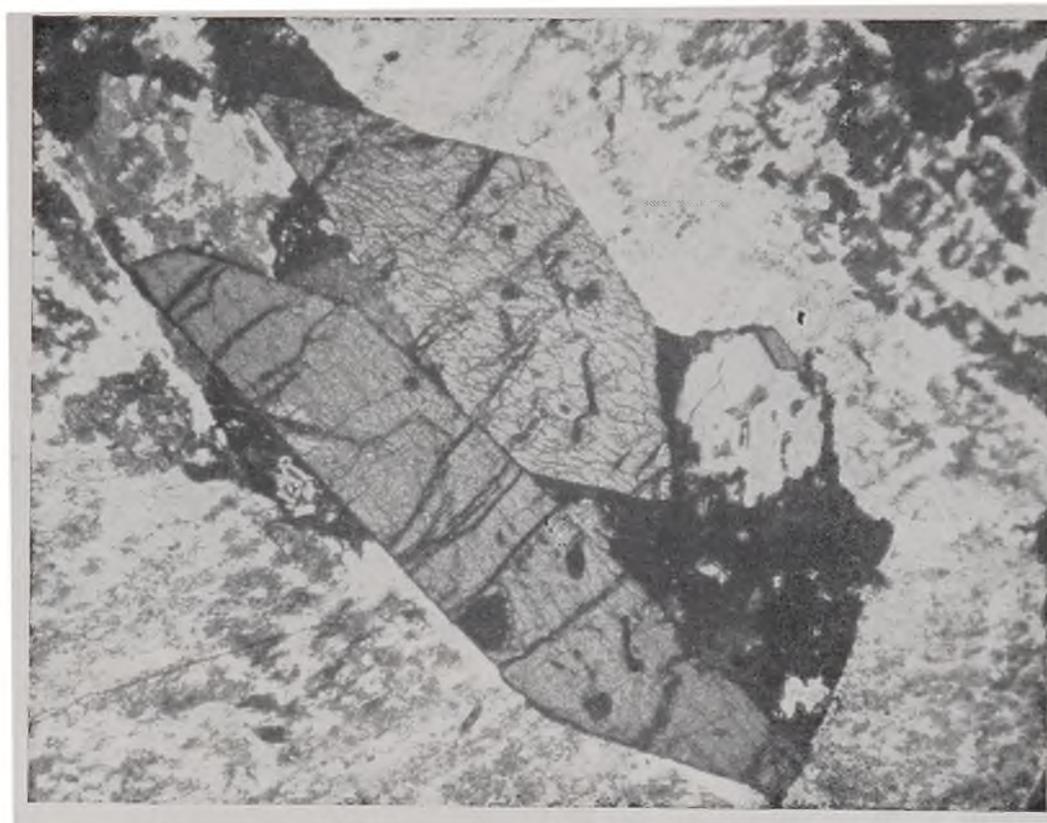
No mapa geológico serão diferenciados somente quatro tipos de rochas alcalinas, ou sejam, os sienitos e foiaítos, quartzosienitos, granito alcalino e brechas magmáticas. Este critério adotado na execução do mapa, nem de longe expressa as variações que existem em cada um destes tipos de rochas, que pela irregularidade com que se sucedem ou se alternam, são de delimitação impraticável. Entretanto, no correr da descrição petrográfica, situaremos os locais em que ocorrem as diferentes rochas e anexaremos ao trabalho um mapa das ocorrências. Os locais em que afloram rochas com concentração de nefelina, titanita, quartzo e xenólitos serão marcados no mapa geológico.

NEFELINA-SIENITOS E SIENITOS

Ocorrem nas imediações da sede do Parque Nacional do Itatiaia, na estrada do P. N. I.* para a estação da TV Tupi, nas proximidades do barraco de Mauá e às margens do rio Prêto e do rio Itatiaia. São rochas de cor clara a cinza, de granulação variável de fina a grossa e de textura granular ou granular-traquitóide. Os cristais de micropertita são sub-idiomorfos a idiomorfos. Os cristais de albita são raros. A nefelina existe em porcentagens variáveis, chegando até a 40,6% da rocha, sob a forma de cristais sub-idiomorfos. Nas rochas em processo de alteração, a limpidez dos cristais de nefelina contrasta com o aspecto embaciado dos feldspatos. Os minerais máficos mais comuns são aegirinaugita e biotita. Hornblenda é menos frequente. Os minerais acessórios são principalmente titanita, apatita e magnetita. O zircão é raro. Em alguns afloramentos,

* P.N.I. — Parque Nacional do Itatiaia.

os cristais idiomorfos e bem desenvolvidos de titanita, que atingem mais de 0,5 cm, ressaltam pela abundância. Há também afloramentos onde a sodalita é bastante proeminente, para que preferíssemos a classificação da rocha como nefelina-sodalita-sienito (fotomicrog. 2).



Fotomicrografia 2 — Cristais de titanita e de micropertita em nefelina-sienito. x 25. Nicóis+.

Há cortes da estrada da sede do P. N. I. para a TV Tupi, em que o nefelina-sienito se apresenta com zonas pegmatóides, com grandes cristais de ortoclásio, nefelina e biotita (Foto 5).

Em algumas lâminas evidencia-se a textura poiquilítica onde os cristais xenomorfos de hornblenda contêm inclusões de titanita, apatita, zircão e de biotita. São mais raras as inclusões de titanita, apatita e zircão na biotita. Entretanto, há lâminas que mostram inclusões de zirconita ou de apatita, na biotita, formando halos pleocróicos.

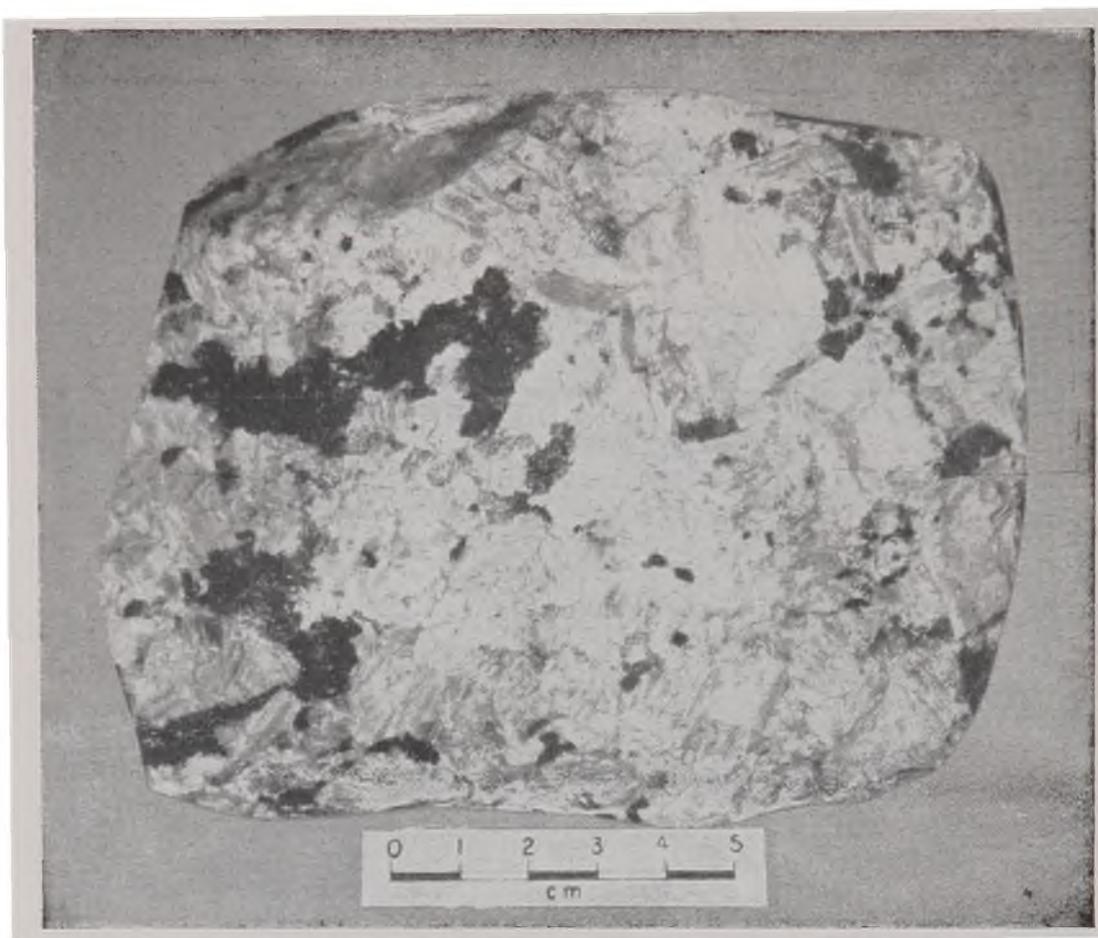
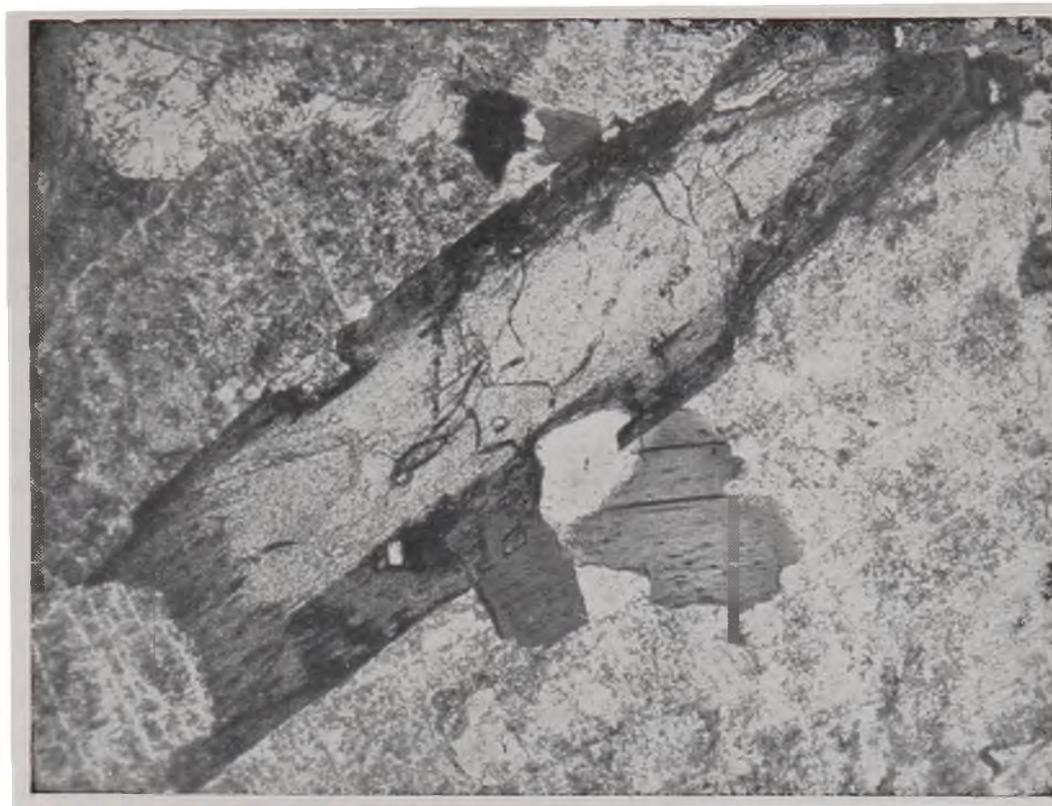


Foto 5 — Biotita-nefelina-sienito pegmatóide. Estrada do P.N.I para a TV-Tupi.

Em algumas lâminas os minerais máficos apresentam a associação diopsídio-hornblenda, em outras hornblenda-augita, e às vezes somente arfvedsonita-biotita.

São comuns os cristais de aegirinaugita que exibem uma parte central verde clara, rodeada por uma orla de verde mais intenso, com pleocroísmo mais acentuado (fotomicrog. 3).

Sodalita-nefelina-sienito. Aflora em alguns cortes da estrada entre o abrigo Macieiras, localizado a 14 km da sede do P. N. I., e a estação da TV Tupi. Aparece como manchas dentro do nefelina-sienito e dos foiaítos, sem contactos definidos. É uma rocha de granulação grossa, leucocrática e de textura granular a traquitóide. Seus constituintes mineralógicos são micropertita sob a forma de cristais sub-idiomorfos, ou em ri-



Fotomicrografia 3 — Cristal de aegirinaugita com borda de aegirina. x 63. Nicóis +.

pas idiomórficas, nefelina e minerais do grupo da sodalita. Biotita muscovita e plagioclásio são raros. Os minerais acessórios, também raros, são a titanita, apatita e magnetita.

Nefelina-microsienito. Ocorre à altura do km 10 da estrada que liga a sede do P.N.I. à estação da TV Tupi, onde constitui um dique que corta o nefelina-sienito. Ocorre também formando manchas dentro dos sienitos e foiaítos. É uma rocha de coloração cinza, granulação fina a muito fina e de textura hipidiomórfica granular. Há faixas em que os cristais alongados de biotita estão orientados. Na sua composição mineralógica observamos micropertita, nefelina, ripas de aegirina, hornblenda e biotita. São raros os cristais idiomorfos de oligoclásio. Os minerais acessórios são titanita, magnetita, pirita e apatita.

Este mesmo tipo de rocha aflora também em algumas zonas das rochas que formam a estrutura anelar no limite nordeste do maciço alcalino. Ali os sienitos e nefelina-sienitos, predominantemente de granulação grossa ou média, apresentam partes em que a granulação passa a fina, sem que haja possibilidade de se delinear estas transições, tal a frequência e irregularidade com que se verificam. O estudo microscópico destas rochas, revelou a existência de textura hipidiomórfica granular e da seguinte composição mineralógica: micropertita, nefelina, biotita, hornblenda, titanita, magnetita e apatita. As variedades locais diferem principalmente quanto à maior ou menor porcentagem de nefelina e titanita. Há afloramentos, como é o caso da Pedra do Leão, em que o nefelina-microsienito passa a microsienito, por ausência completa de nefelina.

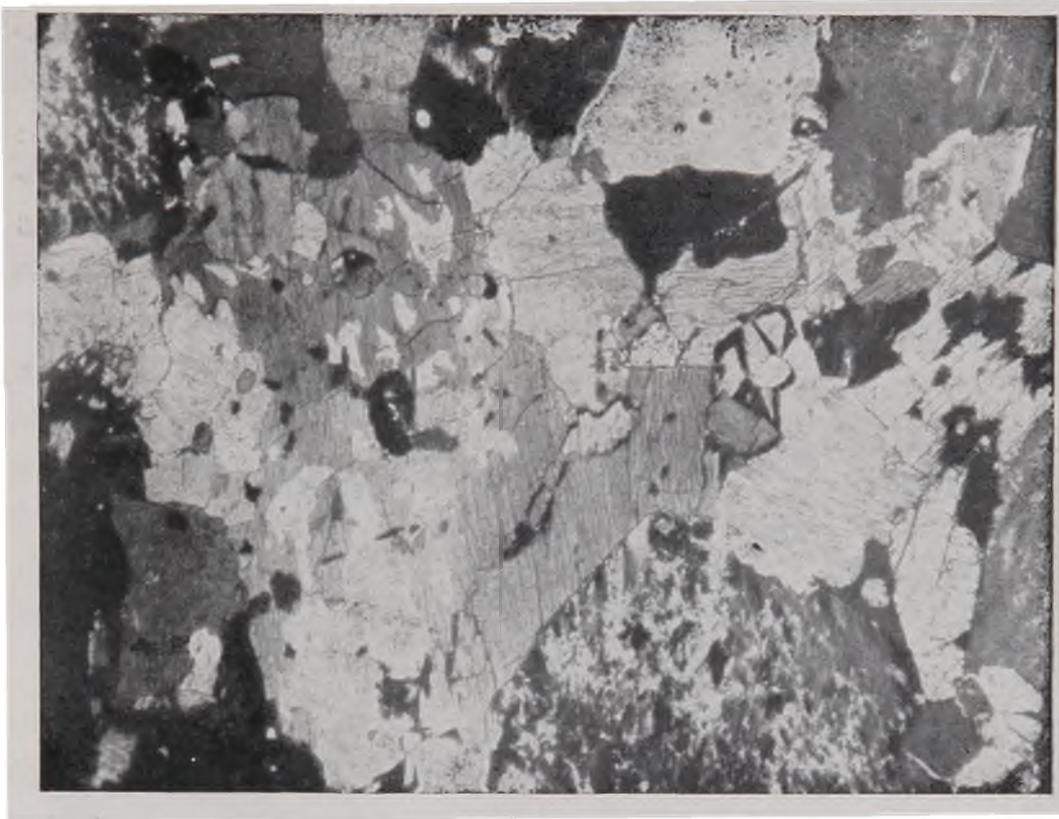
Hornblenda-nefelina-sienito. Esta rocha constitui manchas dentro do nefelina-sienito, à altura do km 5 da estrada da sede do P.N.I. para a TV Tupi. É uma rocha cinza, com zonas de concentração de minerais escuros, de granulação grossa e de textura granular-poiquilitica.

A porção clara da rocha é constituída de micropertita, nefelina, hornblenda, biotita, e tem como minerais acessórios a titanita, apatita, magnetita, zircão e fluorita. São raros os cristais de plagioclásio.

As partes escuras apresentam-se sob a forma de agregados cristalinos "schlieren", cujas dimensões variam de 1 a 5 cm. Estes agregados, formados principalmente de hornblenda e biotita, muitas vezes evidenciam estrutura orientada. Os grandes cristais de hornblenda, com textura poiquilitica, contém inclusões de biotita, de aegirinaugita e dos minerais acessórios (fotomicrog. 4)

Há alguns cristais de hornblenda que estão parcialmente transformados nas bordas, em hastingsita. São mais raros os cristais de hornblenda, com bordas azuladas de arfvedsonita.

Biotita-hastingsita-sienito. Aflora à altura do km. 7 da estrada de sede do P.N.I. para a estação da TV Tupi. Está re-



Fotomicrografia 4 — Cristais de micropertita e de hornblenda com inclusões de augita. Sodalita-nefelina-sienito. x 25. Nicóis +.

lacionada aos nefelina-sienitos da região, ao lado dos quais aparece constituindo manchas irregularmente distribuídas. É uma rocha clara, de granulação média, textura granular-traquitóide, que exhibe uma estrutura fitada, originada por faixas escuras com concentração de biotita e hastingsita.

A orientação das ripas ou dos cristais alongados de biotita, hastingsita e titanita, salienta a textura granular-traquitóide das faixas escuras.

Os constituintes minerais desta rocha são: micropertita, nefelina, hornblenda, hastingsita e biotita. A titanita é o acessório mais abundante. Subordinadamente aparecem a apatita, zirconita e magnetita.

Os cristais de hastingsita, na maioria são idiomorfos, apresentam-se com coloração verde azulada, e às vezes, estão geminados segundo o plano 100.

Aegirina-sienito. Ocorre nos cortes da estrada do P.N.I. para a TV Tupi, à altura do km 12 e a 1500m de altitude. Constitui pequenas manchas irregulares não orientadas, dentro dos nefelina-sienitos. É uma rocha leucocrática, ainda que macroscopicamente dê idéia de rocha escura. Apresenta granulação grossa, textura granular-traquitóide e zonas mais escuras por enriquecimento em ripas aciculares de aegirina (fotomicrog. 5). Na composição mineralógica observamos microp-



Fotomicrografia 5 — Ripas de aegirinaugita em sienito. x 12.
Nicóis II.

tita xenomorfa, albita, biotita, aegirina e os minerais acessórios titanita, magnetita, apatita e zircão. Os cristais de albita são geralmente idiomorfos. Os cristais de biotita estão na maioria transformados em aegirina. São comuns os grandes cristais de aegirina que contêm pequenas inclusões de biotita, com contorno irregular semelhante à bordas de corrosão.

Alguns cristais de biotita com inclusões de zircão, exibem halos pleocróicos.

Aegirinaugita-hornblenda-sienito. Esta rocha forma manchas irregularmente distribuídas, dentro do hornblenda-nefelina-sienito já descrito, que aflora a altura do km 5 da estrada P.N.I.-TV Tupi.

É uma rocha cinza escura, de granulação fina e de textura hipidiomórfica granular orientada. Os minerais que a compõem são micropertita, hornblenda, aegirinaugita, titanita, apatita, magnetita e zircão. São raros os cristais de albita, hastingsita e de arfvedsonita.

Os cristais de hornblenda, comumente contêm inclusões de aegirinaugita, titanita e de magnetita.

Biotita-nefelina-sienito pegmatóide. Constitui manchas dentro dos sienitos. Os melhores afloramentos desta rocha podem ser observados nos cortes da estrada P.N.I.-TV Tupi. É uma rocha clara, com grandes cristais de pertita e de biotita. Os cristais de pertita atingem 5cm, e alguns cristais de biotita ultrapassam 1 cm. Há locais em que a nefelina é tão abundante quanto a pertita, mas sempre de menores dimensões. Além de pertita, biotita e nefelina, a rocha contém hornblenda, titanita e apatita.

Sienito porfirítico. Aflora à altura do km 12 da estrada Registro-Agulhas Negras. É uma pequena ocorrência dentro da área das brechas. É uma rocha cinza, de textura porfirítica. Os fenocristais de anortoclásio são alongados, mas com dimensões inferiores a 1 cm. Além de anortoclásio a rocha contém raros cristais alongados de biotita, com inclusões de apatita. Na matriz muito fina, somente a apatita pode ser identificada. Os cristais de anortoclásio exibem bordas irregulares, causadas por corrosão magmática.

Sienito com xenólitos. Esta rocha aflora numa pequena cachoeira de um afluente do rio Capivari, à altura do km 36.5 da estrada Rio-Caxambu. Aflora também na região de Vargem Grande.

O sienito é uma rocha clara, de granulação média a fina, com textura hipidiomórfica granular. Os constituintes minerais são micropertita, sob a forma de cristais xenomorfos ou ripas idiomorfas, biotita, hornblenda e diopsídio. Os minerais acessórios são titanita, apatita e magnetita.

Os xenólitos são de biotita-gnaïsse, com dimensões variáveis de poucos centímetros a 50 cm (foto 6).



Foto 6 — Nefelina-sienito com xenólito de gnaïsse. Km 36,5 da estrada Rio-Caxambu.

Nefelina-sienito bandeado. Ocorre às margens do córrego Taquaral, próximo à usina elétrica do Hotel Simon, constituindo matacões de dimensões variáveis, que são aproveitados como pedras para revestimento e ornamentação de edifícios.

Não conseguimos localizar o afloramento desta rocha estranha, embora não a tenhamos encontrado em outras áreas do maciço. Difere dos nefelina-sienitos comuns do maciço, mais na estrutura e textura do que na composição mineralógica. A estrutura é bandedada, com faixas claras e escuras que se alternam paralelamente. A espessura destas faixas varia de poucos milímetros a 5 centímetros, sendo que as faixas centimé-

tricas são as mais freqüentes. São raros os casos em que apófises de uma das faixas atravessam a outra. (foto 7 e 8).

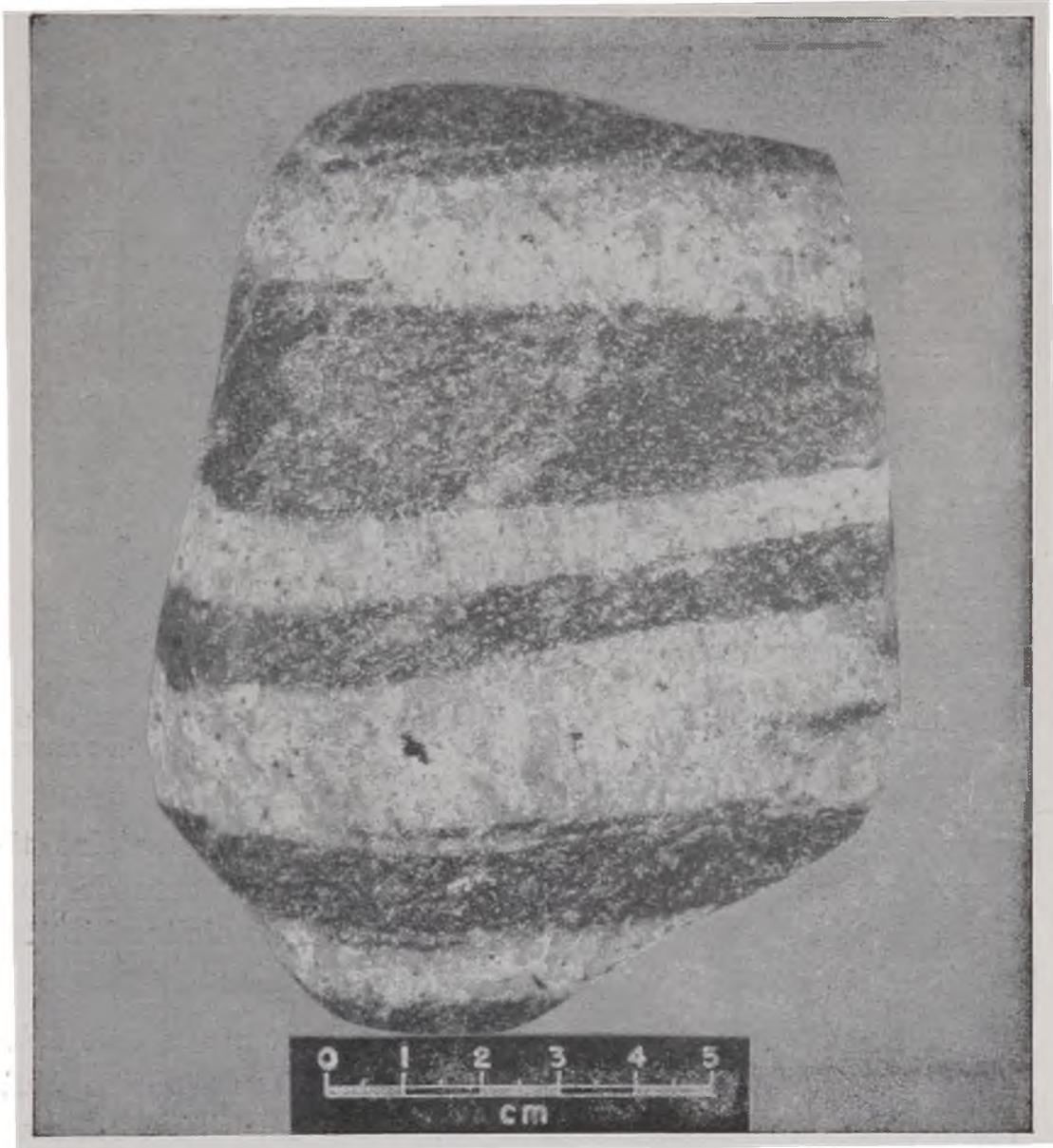


Foto 7 — Nefelina-sienito bandeado. Ribeirão Taquaral, sede do P.N.I.

No estudo microscópico desta rocha distinguimos duas partes. O estudo das faixas escuras (nefelina-biotita-sienito) e o das faixas claras (nefelina-sienito).

A banda escura é de textura fina, microgranular hipidiomórfica, e contém os seguintes minerais: micropertita, oligo-

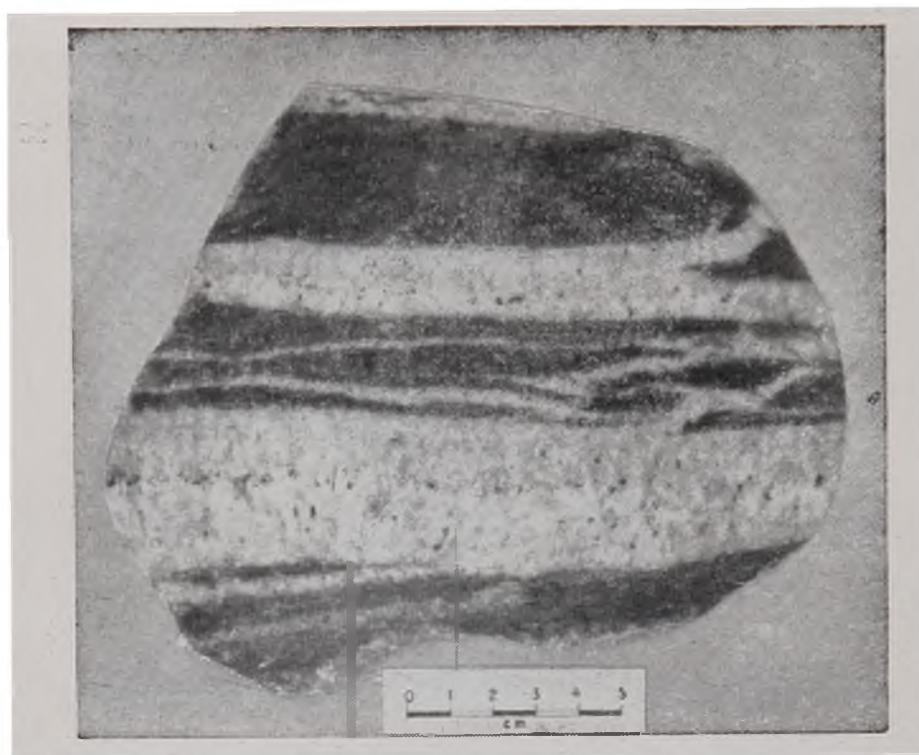


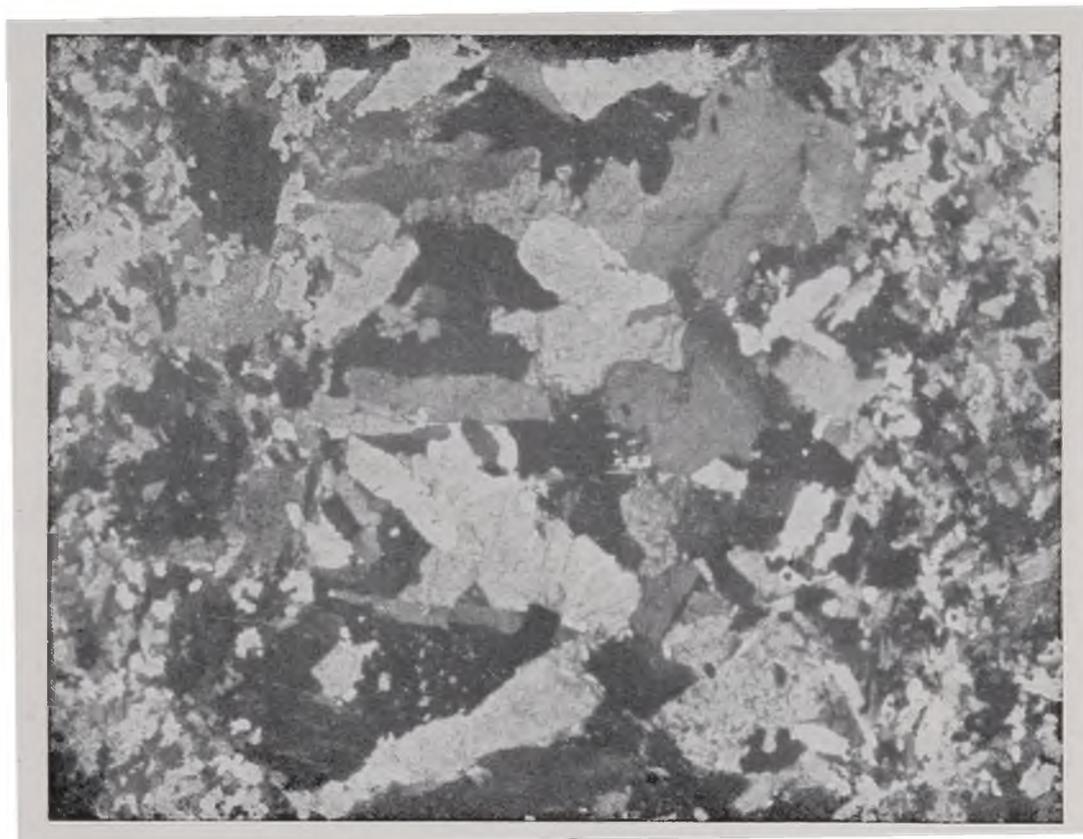
Foto 8 — Nefelina-sienito bandeado. Ribeirão Taquaral, sede do P.N.I. Observar que a banda branca corta a banda escura.

clásio, biotita, nefelina, sodalita e os minerais acessórios titanita, apatita, magnetita e fluorita. Se fôsse o caso de uma rocha distinta, poderia ser classificada como nefelina-biotita-sienito.

A banda clara é de granulação grossa, com cristais idiomorfos e sub-idiomorfos, orientados perpendicularmente à direção das faixas, mostrando uma estrutura em pente. Na composição mineralógica foram identificados micropertita, nefelina, biotita, oligoclásio, sodalita, titanita, apatita, fluorita e magnetita.

Pela análise modal, podemos então observar que a principal diferença mineralógica entre as duas bandas, está na porcentagem de oligoclásio e biotita, que é bem mais elevada na banda escura. Por outro lado, na banda clara a nefelina é mais abundante.

Se êste bandeamento foi provocado por diferenciação e enriquecimento em minerais máficos nas bandas escuras, pelo desenvolvimento das bandas claras num estado semi-sólido por diferenciação rítmica, ou ainda por um processo de filtração, "filter pressing" (Wahlström⁷⁵), é um problema que está por ser resolvido. De qualquer maneira, porém, a estrutura em pente, formada por grandes cristais da banda clara, crescidos perpendicularmente à direção das bandas, sugere a possibilidade de explicar-se o fenômeno por injeção de material pobre em máficos, na fase final da intrusão magmática (fotomicrog. 6 e 7).



Fotomicrografia 6 — Nefelina-sienito bandeado. Banda clara de granulação média entre duas bandas escuras de granulação fina. x 12. Nicóis+.

Tinguaíto com pseudo-leucita. Em Poços de Caldas, tinguaítos com pseudomorfos de leucita já haviam sido observados por Derby 12 e por Hussak*, e mais recentemente foram

* Conforme citação de Ellert¹⁹.



Fotomicrografia 7 — Nefelina-sienito bandeado. Contacto da banda clara com a escura. Os cristais maiores da banda clara estão dispostos perpendicularmente aos da banda escura. x 25. Nicóis+.

estudados e descritos por Ellert¹⁹. No Itatiaia ainda não haviam sido citados, provavelmente porque além de não formarem bons afloramentos, existem em pequena área, quando esta é comparada com a extensão das ocorrências dos outros tipos de rochas comuns no maciço. Encontra-se no corte da estrada, três quilômetros ao norte do Hotel Monte Parnaso.

O tinguaito com pseudo-leucita do Itatiaia, é uma rocha de cor cinza escura, com textura microcristalina, de granulação fina, com algumas ripas centimétricas de ortoclásio microperítico que sobressaem na massa afanítica. Os pseudomorfos possuem a forma aproximada de icositetraedros, são de distribuição irregular e às vezes estão mutuamente concrecidos. As dimensões destes pseudomorfos são variáveis de milímetros até 10 centímetros de diâmetro. Nas seções dos maio-

res pseudomórfos, pode-se distinguir uma borda de 1 a 2 mm, mais clara e microcristalina. São comuns os pseudomorfos com inclusões de agregados centimétricos, constituídos de aegirina, titanomagnetita, apatita e biotita. A porção clara dos pseudomorfos, consta de uma associação de ortoclásio, anortoclásio, albita e oligoclásio, com nefelina(*). A textura é radial (foto 9).



Foto 9 — Tinguaito com pseudo-leucita. Estrada do Hotel Monte Parnaso.

Pulaskitos. Ocorrem na região da Capelinha, no morro do Urubu e na parte N-NE do maciço. Em todos êstes locais, os pulaskitos formam zonas irregulares dentro dos nefelina-sienitos, dos quais se distinguem pela mudança de textura e pelo decréscimo na porcentagem de nefelina. Tôdas as amostras estudadas são de rochas claras, de granulação média, textura granular-traquitóide, que apresentam muita semelhança na composição mineralógica. Seus constituintes minerais são micro-

* Determinação pelo método de "Deby-Scherrer (difração de Raios X), realizada no Departamento de Mineralogia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo.

perita, nefelina, biotita, diopsídio ou augita, titanita, apatita e magnetita. Os cristais de hornblenda e de oligoclásio são raros.

TABELA 1

Composição modal do sienito bandeado

Minerais	Amostras	
	1	2
Microperita	70,5%	70,5%
Oligoclásio	1,8	13,2
Nefelina	26,5	3,6
Sodalita	x	x
Biotita	1,2	12,7
Titanita	x	x
Apatita	x	.x.
Magnetita	x	x
Fluorita		
Soma	100.0%	100.0%
P. E.	2,61	2,62

1 — Banda Clara

2 — Banda Escura

x — Porcentagens inferiores a 0,1%

TABELA 2

Composição modal

MINERAIS	Amostras									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Microperthita	84,2%	59,4%	74,7%	73,8%	81,3%	72,2%	90,4%	85,3%	91,2%	64,2%
Albita	0,5	—	—	—	—	—	—	0,8	—	6,7
Nefelina	5,1	40,6	11,7	18,4	1,9	20,3	—	—	1,9	—
Sodalita	—	—	1,3	3,2	9,0	—	0,2	—	—	—
Aegirinaugita	—	x	—	—	2,8	6,0	—	—	1,4	—
Aegirina	—	—	—	—	—	—	—	—	—	27,3
Augita	—	x	5,4	—	—	—	—	—	—	—
Diopsídio	—	—	—	—	—	—	—	2,8	—	—
Hornblenda	1,8	x	3,0	3,0	—	—	1,7	4,2	x	—
Riebeckita	—	—	—	—	—	x	—	—	—	—
Biotita	4,5	x	0,2	0,3	1,5	x	2,2	4,4	3,8	0,9
Titanita	1,9	x	1,5	0,5	1,7	0,3	2,3	x	1,2	x
Apatita	1,1	x	x	0,1	x	x	0,2	2,0	x	x
Magnetita	0,9	x	2,2	0,7	1,8	1,2	3,0	0,5	0,5	0,9
Zircão	x	—	—	—	x	—	—	—	x	x
Soma	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
P. E.	2,56	2,63	2,67	2,61	2,56	2,53	2,62	2,64	2,60	2,76

1 — Nefelina-sienito — Caixa d'água do Hotel Simon.

2 — Nefelina-sienito km 8 da estrada P.N.I. — TV Tupi.

3 — Sodalita-nefelina-sienito — km 8 da estrada P.N.I. — TV Tupi

4 — Sodalita-nefelina-foiuito — Estação da TV Tupi.

5 — Sodalita-foiuito — Barraco de Mauá.

6 — Nefelina-foiuito — Lago Azul, sede do P.N.I.

7 — Microsienito — Pedra do Leão.

8 — Pulaskito — Planalto, no caminho para o Barraco de Mauá.

9 — Pulaskito — Margem do rio Preto, próximo à Maromba.

10 — Aegirina-sienito km 12 da estrada P.N.I. — TV Tupi.

x — Porcentagens inferiores a 0,1.

P.N.I. — Parque Nacional do Itatiaia.

FOIAÍTOS

Na literatura geológica, o termo foiaíto tem sido aplicado de maneira um tanto ampla; definindo ora a composição mineralógica, ora classificando a textura da rocha. No nosso trabalho optamos pela classificação textural, de acordo com Johannsen¹⁹. Chamaremos de foiaíto tôdas as rochas com textura traquitóide e composição mineralógica semelhante a nefelina-sienito (fotomicrog. 8).



Fotomicrografia 8 — Cristais de micropertita em foiaíto de textura traquitóide. x 25. Nicóis+.

Os foiaítos do Itatiaia são rochas cuja coloração varia de cinza claro a escuro, com granulação de média a grossa e de textura traquitóide. Os cristais de pertita ou de micropertita apresentam-se em ripas idiomorfas distribuídas quase sempre sub-paralelamente. A nefelina, que é abundante, às vêzes mostra-se alterada em cancrinita. Os minerais máficos são horn-

blenda, riebeckita, aegirinaugita e biotita. Os minerais acessórios são a titanita, apatita e magnetita. São raros os cristais de sodalita.

Os foiaítos ocorrem em afloramentos distintos, ou formando manchas dentro dos sienitos. Podem ser observados nas proximidades da estação da TV Tupi, perto do Hotel Simon, nos cortes da estrada do P.N.I. para o Lago Azul, às margens do Rio Prêto, e na região da Vargem Grande.

Nefelina-sodalita-foiaíto. Aflora nos cortes da estrada nas imediações do Lago Azul, na sede do P.N.I. e próximo ao baraco de Mauá. Aparece como diferenciação local dentro do corpo de nefelina-sienito e foiaíto. É uma rocha clara, de granulação média e de textura traquitóide. Na composição mineralógica contém micropertita, nefelina, sodalita, riebeckita e biotita. Os minerais acessórios são titanita e magnetita.

Microfoiaíto. Ocorre nos mesmos locais em que foram observados os foiaítos, constituindo zonas em que as rochas apresentam variação na granulação. Assim é que rochas de granulação média, passam gradativamente a rochas de granulação fina a muito fina. A textura é traquitóide e os constituintes minerais são micropertita idiomorfa ou sub-idiomorfa, raros cristais de albita, nefelina abundante, às vezes alterada em cancrinita. A aegirinaugita é o mineral máfico mais frequente. A hornblenda e biotita estão em menor porcentagem. Alguns cristais de aegirinaugita e hornblenda estão intercrescidos. Os minerais acessórios são a titanita, apatita e magnetita. Algumas amostras evidenciam desenvolvimento de calcita secundária.

QUARTZO-SIENITOS

Generalidades. As rochas delineadas no mapa e classificadas como quartzo-sienitos, afloram numa grande extensão do planalto do Itatiaia, e estão localizadas mais ou menos na parte central do contorno externo da intrusão alcalina. Estão em

contacto com os sienitos, granito alcalino e brechas, ocupando uma área estimada em 21 km² o que corresponde a 9,5% do total da área abrangida pelas rochas alcalinas.

No mapa geológico, empregamos a denominação quartzo-sienito de maneira genérica, para designar rochas alcalinas com quartzo em porcentagens variáveis de 2 a 8,6%, numa graduação crescente das zonas de contacto para a parte central do maciço.

Nos cortes da estrada do Registro para as Agulhas Negras, compreendidos entre os quilômetros 15 e 17, pode-se observar a passagem gradativa de rochas alcalinas com pouco quartzo, para rochas ricas em quartzo que passam a nordmarkito típico, e finalmente a granitos alcalinos.

Os quartzo-sienitos são as rochas que modelam as regiões altas do relevo do planalto do Itatiaia, tais como as Agulhas Negras, Pedra do Altar e Prateleiras. Quando diaclasadas e sulcadas, dão origem às enormes e profundas caneluras das rochas do planalto.*

Quartzo-sienitos. Ocorrem nas zonas de contacto com as brechas e com os sienitos. São rochas claras, de granulação grossa a média e de textura hipidiomórfica granular. Na composição mineralógica foram identificados micropertita, quartzo intersticial, raios cristais de aegirinaugita, riebeckita e hornblenda azul. Os minerais acessórios são titanita, magnetita e apatita.

Quartzo-sienito glomérulo-porfiróide. Esta rocha aflora à altura do km 3 da estrada Registro-Agulhas Negras, na zona de contacto do gnaiss com as rochas alcalinas, e também na região do Brejo da Lapa. Em quase todos os locais em que ocorre, já se encontra em avançado estágio de alteração.

É uma rocha clara, de granulação média, mas com glomérulos cinzentos de feldspato, que se realçam do restante da rocha. Estes glomérulos, que à primeira vista poderiam ser confundidos com fenocristais zonados de feldspato, constituem

* Vide E. Ribeiro Filho (1964) — As Caneluras e os Caldeirões do Planalto do Itatiaia. Eng. Min. e Met., 39 (232): 163-165.

na realidade, agregados cristalinos formados por cristais geminados de oligoclásio, que se acham envolvidos por ortoclásio facilmente distinto pelo seu menor índice de refração. Há glomérulos nos quais se pode observar a passagem de oligoclásio a ortoclásio límpido e finalmente a ortoclásio alterado. As dimensões destes glomérulos, variam de 0,5 a 1,5 cm. Além dos glomérulos, a rocha contém ortoclásio sob a forma de cristais subidiomorfos, quartzo intersticial ou intercrescido com ortoclásio, formando textura gráfica. Subordinadamente aparecem a hornblenda, magnetita, titanita e apatita. Alguns cristais de hornblenda mostram-se parcialmente cloritizados.

Tanto a textura, quanto a alta porcentagem de quartzo (8,6%), levaram-nos a não classificar esta rocha como nordmarkito

Nordmarkito porfirítico. Aflora a 400 metros do abrigo Rebouças, no corte da estrada que vai desta localidade ao abrigo Massena. Trata-se de uma rocha clara, de textura porfirítica. Algumas ripas de micropertita sobressaem da massa de granulação fina. Quanto à composição mineralógica citamos a micropertita ripiforme ou sob a forma de cristais sub-idiomorfos. Estes às vezes exibem orla límpida, mais sódica, contrastando com a parte central embaciada. Os cristais de quartzo são granulares e intersticiais, raramente intercrescidos com ortoclásio. Subordinadamente, a rocha contém ainda arfvedsonita, biotita, magnetita, titanita e apatita (fotomicrog. 9)

Nordmarkito equigranular. E' encontrado em afloramentos nos cortes da estrada para o abrigo Massena, em contacto gradativo com o nordmarkito descrito acima. É uma rocha clara, de granulação média e de textura hipidiomórfica granular. Seus constituintes minerais são micropertita sub-idiomorfa ou ripiforme, quartzo, arfvedsonita, aegirinaugita, biotita, magnetita e titanita. Os cristais de quartzo são granulares e intersticiais.

Nordmarkito de granulação grossa. Ocorre nos cortes da estrada do Registro para as Agulhas Negras, na zona de contacto



Fotomicrografia 9 — Cristal zonado de micropertita em quartzosienito. x 30. Nicóis+.

com as brechas. É uma rocha cinza rosada de granulação grossa e de textura hipidiomórfica granular. São freqüentes as cavidades miarolíticas milimétricas, preenchidas por cristais de quartzo e de micropertita.

Na composição mineralógica ressalta-se a alta porcentagem de micropertita, que corresponde a 92,5% da rocha. Ocorrem pequenos cristais intersticiais de quartzo. Subordinadamente foram encontrados hornblenda, aegirinaugita, magnetita, titanita, apatita, pirita e clorita (foto 10).

Nordmarkito granular miarolítico. Aflora na região das Agulhas Negras e das Prateleiras. É uma rocha clara, de granulação grossa, de textura hipidiomórfica granular e com abundantes cavidades miarolíticas preenchidas parcialmente por cristais de quartzo e de micropertita. As cavidades miarolíticas, que normalmente são de dimensões milimétricas, às

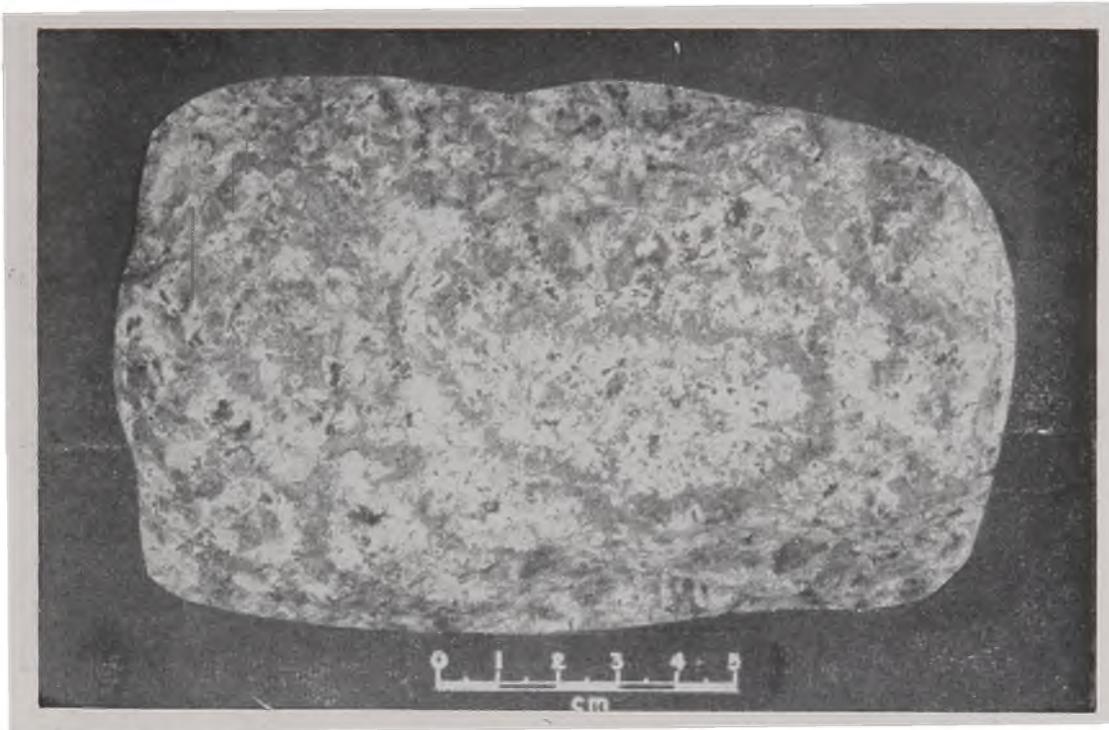


Foto 10 — Nordmarkito de granulação grossa. Planalto do Itatiaia.

vêzes ultrapassam 1 cm. Em algumas destas cavidades maiores, encontramos cristais geminados de quartzo, com mais de 2 cm. de comprimento.

Os constituintes mineralógicos desta rocha são micropertita, às vêzes zonada, quando então a orla externa é mais rica em albita que a porção central; quartzo intersticial, aegirinau-gita, biotita, arfvedsonita, titanita e magnetita.

Os cristais de arfvedsonita são geralmente zonados, com a parte central de cor parda tendendo ao verde, circundada por arfvedsonita verde azulada. Os cristais de albita e de antiper-tita são raros.

Granito alcalino. Ocorre a 900 metros do abrigo Rebouças na estrada para o abrigo Massena. O nordmarkito, por enriquecimento em quartzo, passa gradativamente a granito alcalino (foto 11).

O granito alcalino do Itatiaia, é uma rocha clara, de granulação média, equigranular e de textura granofírica. Seus componentes mineralógicos são essencialmente micropertita e

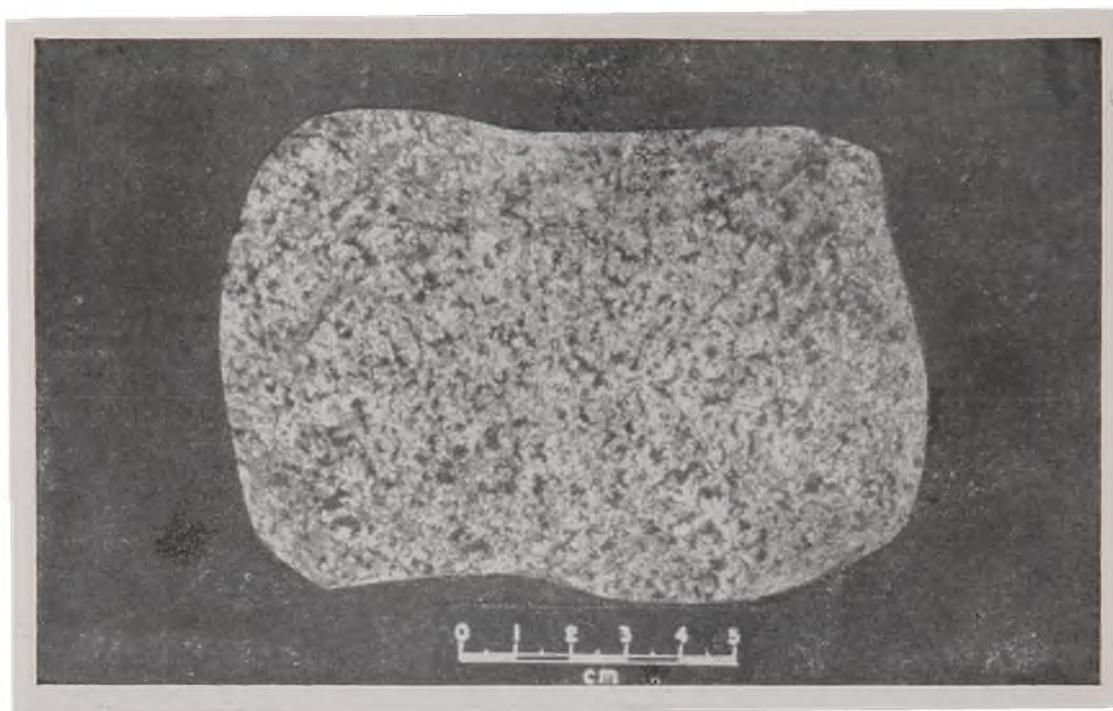


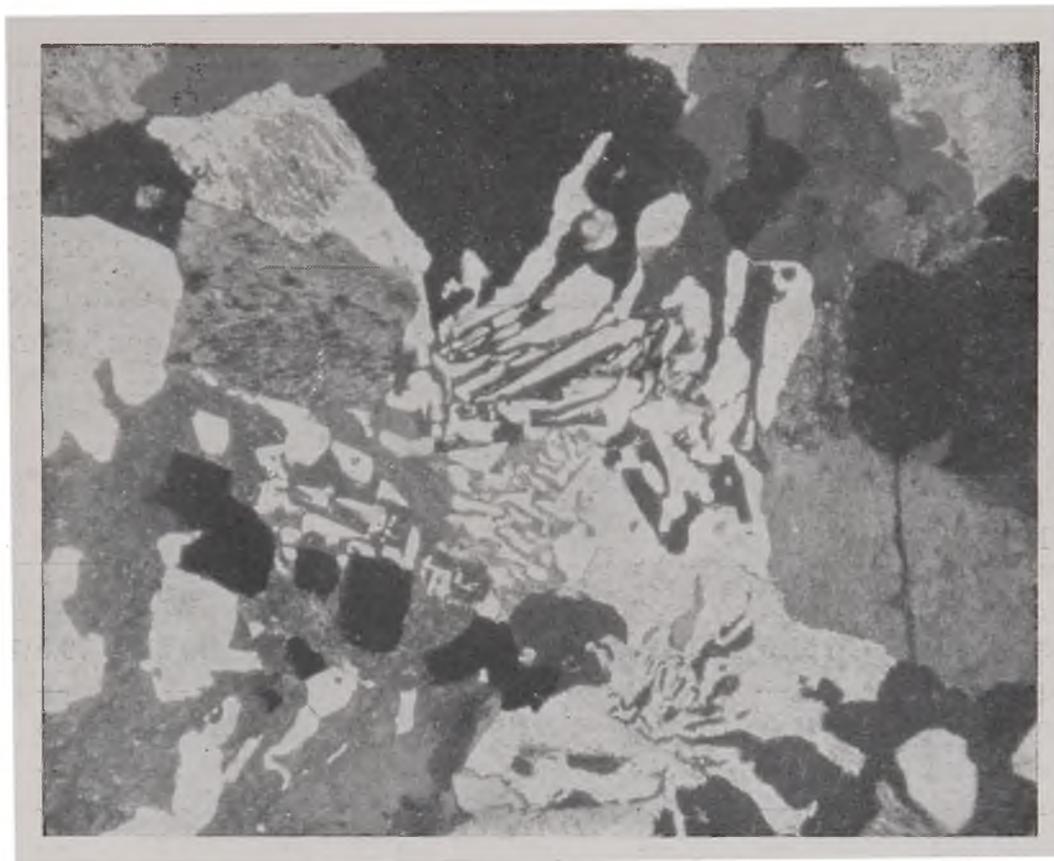
Foto 11 — Granito alcalino. Planalto do Itatiaia.

quartzo. Não contém anfibólio nem piroxênio. A biotita é menos freqüente que a magnetita, titanita e siderita. Subordinadamente há também apatita, fluorita opala e molibdenita.

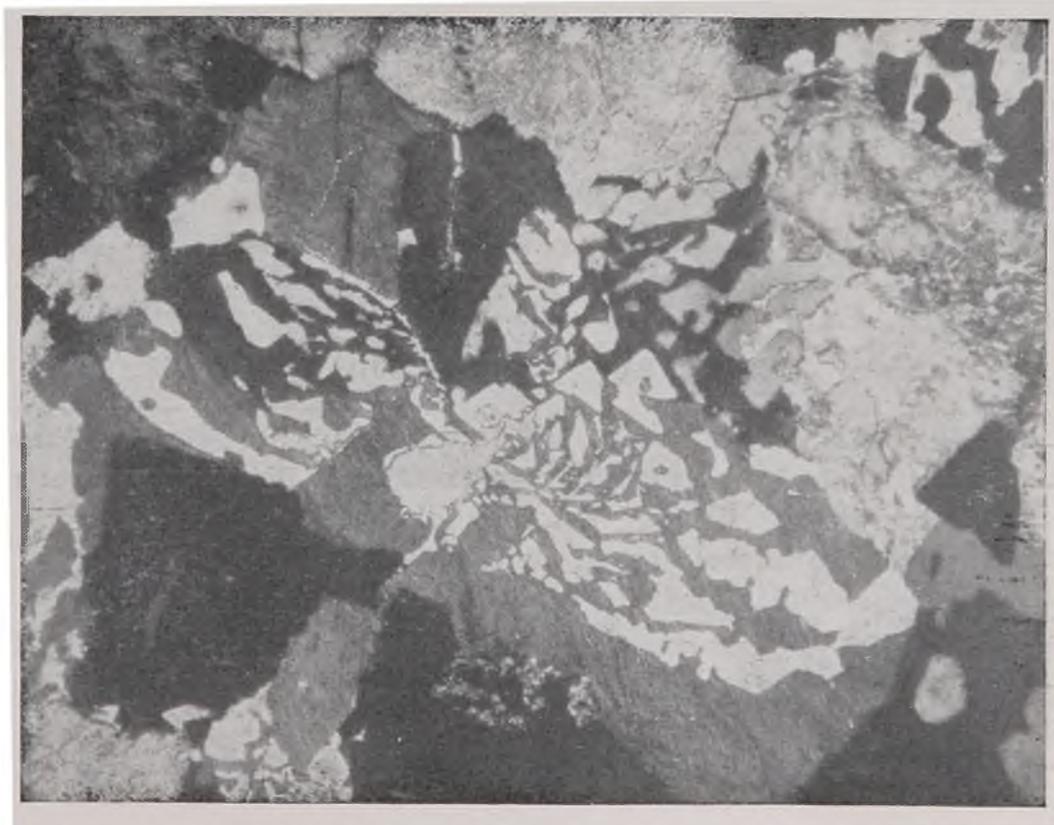
Os cristais de micropertita estão intensamente intercrescidos com cristais de quartzo, formando a textura granofírica (fotomicrog. 10 e 11). (Fig. 1).

BRECHAS

Considerações gerais. A primeira referência à brecha do Itatiaia, foi feita pelo Dr. José Moacyr V. Coutinho, num guia mimeografado do X Congresso de Geologia, promovido pela Sociedade Brasileira de Geologia em 1956. Segundo o autor citado, “a descrição petrográfica sugere para esta rocha origem eruptiva, provavelmente em conduto vulcânico, próximo à superfície”. Penalva⁵⁷, em 1962, quando elaborávamos o mapa geológico do Itatiaia, descreveu as brechas magmáticas da região.



Fotomicrografia 10 — Textura granofírica em granito alcalino.
Quartzo extinto. x 25. Nicóis+.



Fotomicrografia 11 — Textura granofírica em granito alcalino.
Quartzo iluminado. x 25. Nicóis+.

As brechas magmáticas do Itatiaia formam dois corpos distintos, mas com características geológicas e petrográficas semelhantes, entre os quais afloram os quartzo-sienitos.

Ambos os corpos constam na maior parte, de rochas fragmentárias relacionadas à mesma intrusão alcalina que originou o maciço. Ocupam uma área de 10 km² na região do planalto, perfazendo 5% da área total de rochas alcalinas. For-

TABELA 3

Composição modal dos quartzo-sienitos e do granito alcalino

MINERAIS	Amostras						
	1	2	3	4	5	6	7
Microperitita	89,5%	94,2%	88,8%	86,7%	87,7%	79,2%	70,5%
Oligoclásio	—	—	—	—	x	—	—
Quartzo	2,4	2,9	5,7	5,8	8,6	19,0	27,5
Aegirinaugita	—	0,5	—	x	—	x	—
Hornblenda	—	0,5	—	—	..	—	—
Riebeckita	—	—	—	3,5	—	1,8	—
Arfvedsonita	—	—	3,4	—	—	—	1,0
Biotita	4,7	x	0,4	0,5	1,1	x	x
Titanita	x	x	x	0,6	1,1	x	x
Magnetita	3,0	1,9	1,7	2,9	1,5	x	1,0
Apatita	0,4	x	x	—	x	—	x
Fluorita	—	—	—	x	—	x	x
Siderita	—	—	x	—	—	—	x
Pirita*	—	—	—	—	x	—	—
Opala*	—	—	—	—	—	—	x
Clorita*	—	—	—	—	x	—	—
Soma	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
P.E.	2,54	2,57	2,58	2,50	2,61	2,53	2,59.

1 — Quartzo-sienito porfiritico. km 13 da estrada Registro-Agulhas.

2 — Nordmarkito de granulação grossa. Estrada Rebouças-Massena.

3 — Nordmarkito porfiritico. Estrada Rebouças-Massena.

4 — Nordmarkito miarolítico. Prateleiras e Agulhas Negras.

5 — Quartzo-sienito glomérulo porfiróide — Brejo da Lapa.

6 — Granito alcalino — — Estrada Rebouças-Massena.

7 — Granito alcalino. Estrada Rebouças-Massena.

x — Porcetagens inferiores a 0,1.

* — Minerais secundários.

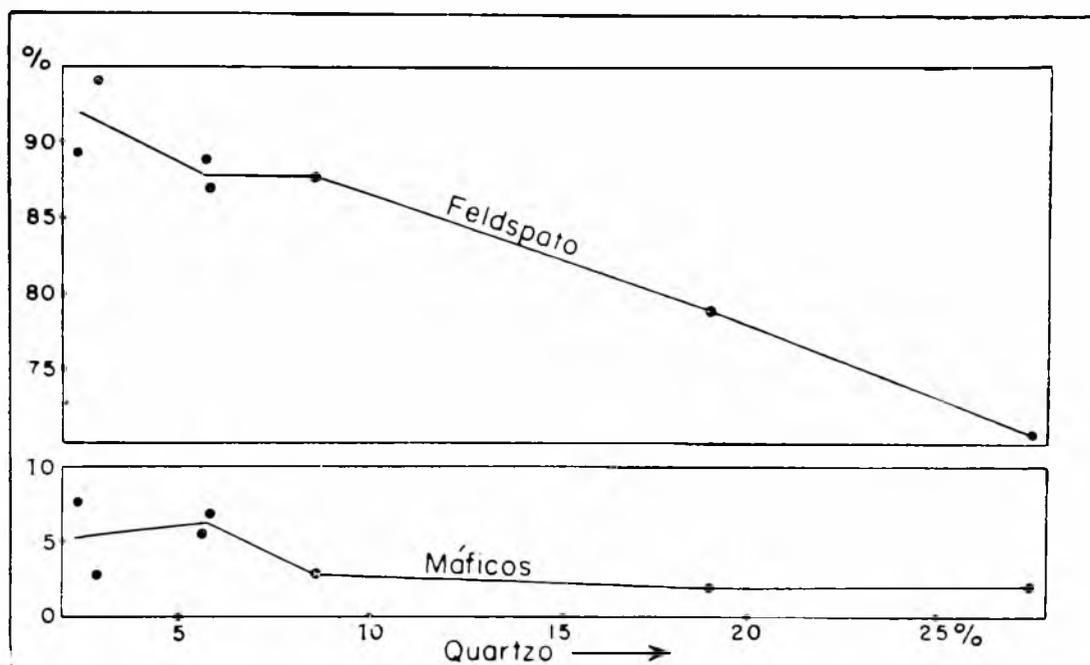


Fig. 1 — Diagrama de variação de Feldspato e Máficos em função de Quartzo, relativo a quartzo-sienito e granito alcalino.

mam dois corpos alongados segundo a direção NO-SE. localizados a noroeste das Agulhas Negras, onde as altitudes oscilam de 2.000 a 2.400 metros.

As brechas estão em contacto com os quartzo-sienitos e com tinguaitos porfiróides, que passam gradativamente a brechas típicas, sem que os limites possam ser delineados. Por esta razão, os tinguaitos e as rochas alcalinas afaníticas relacionadas às brechas, e às vezes parcialmente brechadas, foram também incluídas na área das brechas. As rochas alcalinas afaníticas, encontradas nas zonas limítrofes entre brechas e quartzo-sienitos, foram observadas em massas irregularmente distribuídas dentro das zonas das brechas.

As melhores exposições das rochas brechadas pertencem ao corpo que aflora nas proximidades do Brejo da Lapa, e que dali por diante, aparecem nos cortes da estrada para as Agulhas Negras, especialmente entre os quilômetros 10,2 e 11,5, bem como na estrada dos Carvoeiros, que desce para Serra Negra.

As brechas localizadas pouco a noroeste da Pedra do Altar, mostram igualmente a passagem de quartzo-sienitos a brechas, através de rocha fina não brechada, evidenciando-se deste modo, o mesmo fenômeno já observado no outro setor das brechas.

Descrição macroscópica

Macroscopicamente as brechas podem ser diferenciadas por três características essenciais: natureza dos fragmentos, forma e dimensões dos fragmentos sub-angulosos e relação quantitativa matriz-fragmentos.

Natureza dos fragmentos. Os fragmentos mais comuns são os de grandes cristais de ortoclásio ou de anortoclásio, e de rochas alcalinas traquitóides ou afaníticas. As cores dos fragmentos são de tonalidades variáveis entre cinza claro, cinza escuro, cinza avermelhado, castanho avermelhado ou castanho. Esta diversificação de cores deve-se em grande parte à alteração a que estas rochas estiveram sujeitas. Não foram observados fragmentos de gnaisses nem de sienitos de granulação grossa.

Forma e dimensões dos fragmentos. Quanto à forma e dimensões também há grande variação. Existem fragmentos visíveis somente ao microscópio, como existem aqueles que chegam a um metro de diâmetro. Entre estes limites extremos, há blocos com diâmetros entre 20 e 50 cm, embora predominem os de 1 a 5 cm.

Os fragmentos são na maioria angulosos ou sub-angulosos e aproximadamente equidimensionais. Alguns fragmentos mostram-se arredondados.

Adotando o critério de Fisher²¹ computaremos como fragmentos somente os de dimensões superiores a 2mm.

Relação porcentual volumétrica matriz-fragmentos. Na transição do tinguaito para rocha fina brechada, e finalmente para brecha típica, pode-se observar o aumento gradual do número dos fragmentos. Tanto nos cortes da estrada Registro-Agulhas Negras, como nos afloramentos ao norte de Pedra do

Altar, pudemos observar brechas com menos de 10% de fragmentos, que passam a brechas nas quais as porcentagens de fragmentos e matriz se equilibram. Em outras ocorrências, contudo, os fragmentos correspondem a mais de 70% da rocha, como é o caso das brechas que ocorrem nos cortes da estrada dos Carvoeiros para Serra Negra, e da brecha situada pouco ao sul do km 12,1 da estrada Registro-Agulhas Negras.

A coloração das brechas, depende da cor dos fragmentos e da cor da matriz, variando naturalmente com o tipo da relação porcentual matriz-fragmentos. Embora haja grande variação na cor dos fragmentos, predomina a cor cinza esverdeada da matriz, porque esta geralmente excede a 50% da massa total. Na matriz esbranquiçada das brechas submetidas a intenso intemperismo alítico, sobressaem os fragmentos cinzentos ou castanhos de rochas afaníticas ou traquitóides.

Microscopia das brechas

As brechas do Itatiaia podem ser classificadas pelas seguintes características: textura da matriz, sua composição mineralógica e natureza, forma e dimensões dos fragmentos. Embora as brechas sejam heterogêneas quanto a todos estes caracteres distintivos, pode-se observar que a variação mais evidente reside na textura da matriz e na natureza dos fragmentos.

Textura da Matriz. A matriz é invariavelmente constituída por uma massa fina microcristalina. A textura pode ser granular, traquitóide ou ainda fluidal. Às vezes, em uma só lâmina podemos ver setores que exemplificam os três tipos de textura. Em algumas brechas a matriz consiste de massa afanítica, com esferolitos produzidos por devitrificação (fotomicrog. 12)

Composição mineralógica da matriz. A matriz das brechas compõe-se de massa afanítica feldspática, cuja natureza não foi possível identificar, acrescida de porcentagens variáveis de clorita, pirita, magnetita, calcita, siderita, apatita, biotita e seri-



Fotomicrografia 12 — Estrutura fluidal em brecha magmática. x 25. Nicóis+.

cita. Em algumas brechas do contacto com os quartzo-sienitos, a matriz possui pequena porcentagem de quartzo microcristalino.

Fragmentos. Tanto macroscópica quanto microscópicamente, foi possível observar que os fragmentos, apesar de heterogêneos na forma, nas dimensões, no arredondamento e na litologia, constituem ainda o melhor fator para se distinguir os diferentes tipos de brechas do Itatiaia, desde que se obedeça o seguinte critério:

- Tipo a — brechas com predominância de fragmentos ou fenocristais de feldspato.
- Tipo b — brechas com predominância de fragmentos de rochas.
- Tipo c — brechas mistas (fragmentos de feldspato e de rochas, mais ou menos nas mesmas proporções).

Tipo d — brechas com fenocristais de feldspatos e com pseudo-leucita.

Tipo e — brecha monolitológica (com fragmentos de uma só rocha)

Tipo a. Aflora nos cortes da estrada Registro-Agulhas Negras, no trecho compreendido entre os marcos quilométricos 11 e 13. Estas brechas apresentam matriz feldspática e afanítica, com textura granular-traquitóide, e às vezes com estrutura fluidal. Esta torna-se mais evidente ao redor dos fenocristais ou fragmentos. Na composição mineralógica da matriz, além de feldspato foram identificados biotita, clorita, sericita, apatita, siderita, calcita, pirita e magnetita. Os fragmentos, bem como os fenocristais não fragmentados, são de ortoclásio e de anortoclásio

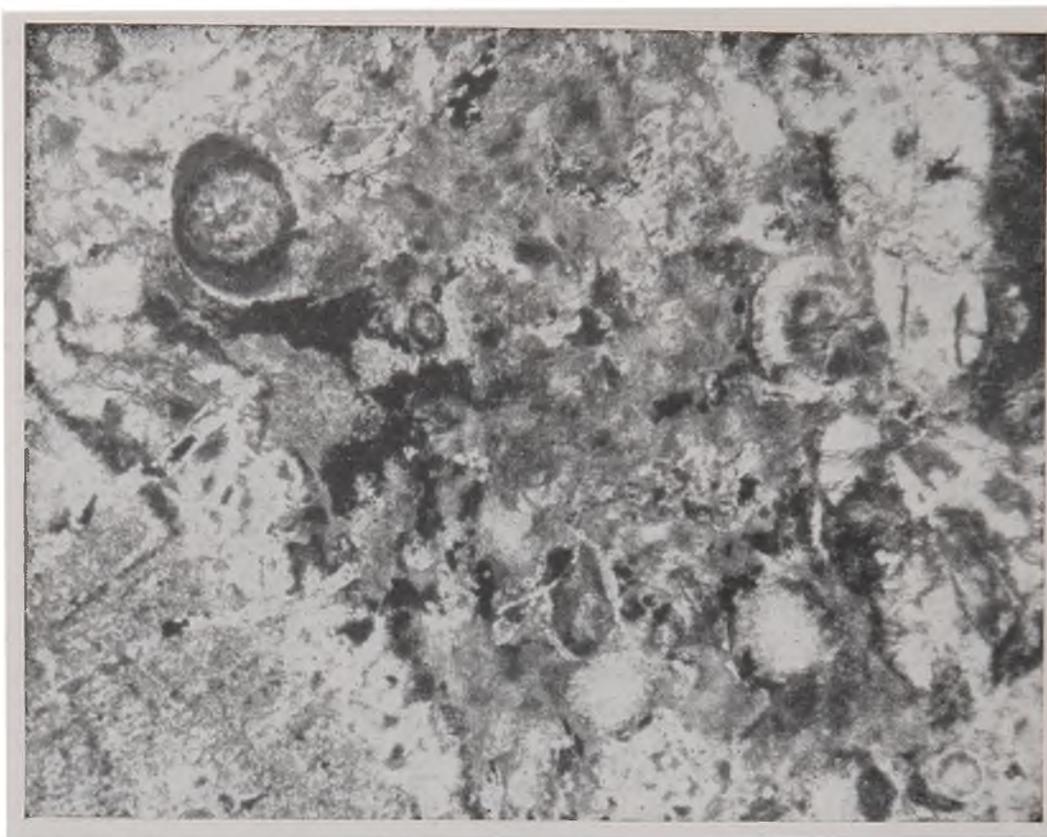
A quantidade de fragmentos não atinge 10%.

Tipo b. Os melhores afloramentos deste tipo de brecha, estão na estrada dos Carvoeiros, que desce para Serra Negra, cujo início está à altura do km 12 da estrada Registro-Agulhas Negras. As brechas descritas acima, em que predominam os fragmentos de feldspato, passam gradativamente a este outro tipo, com fragmentos heterogêneos na litologia, na forma e nas dimensões.

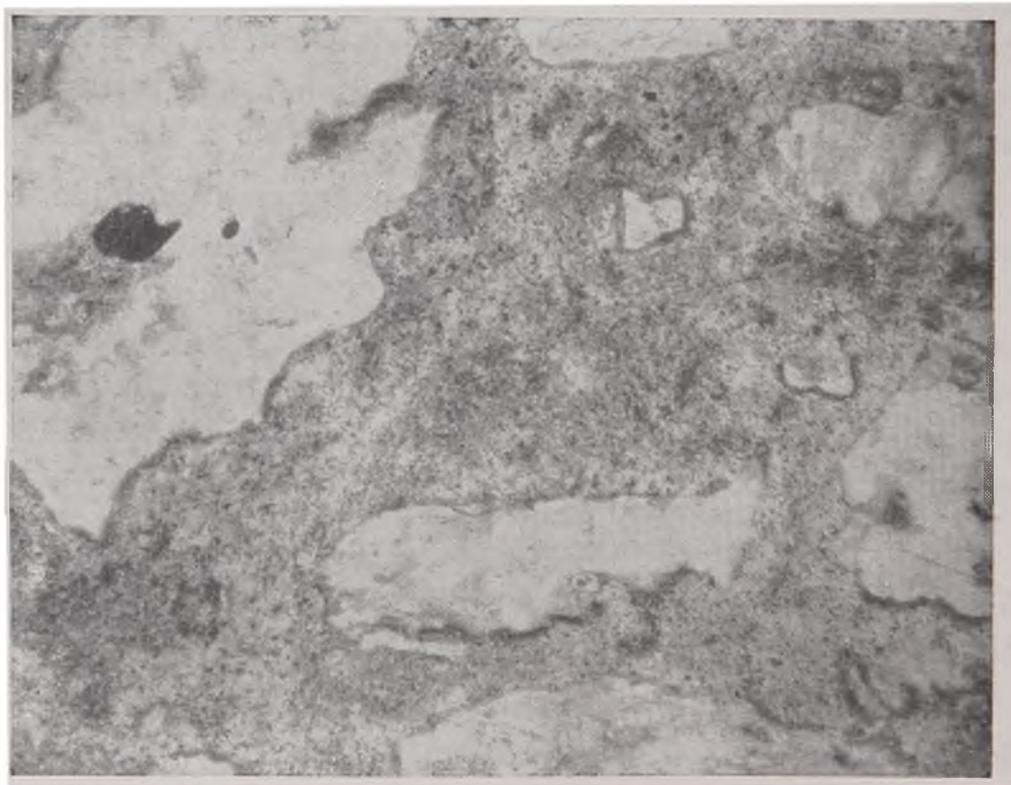
A matriz é de textura microgranular ou traquitóide, exibindo as vezes estrutura fluidal. Aqui também a textura fluidal é mais evidente ao redor dos fragmentos. Além da massa feldspática, a matriz contém clorita, calcita, siderita, apatita, biotita, pirita e magnetita. Em algumas lâminas a matriz apresenta zonas de massa vítrea marron, com esferolitos produzidos por devitrificação (fotomicrog. 13)

Os fragmentos são de rochas alcalinas traquíticas ou afaníticas, de coloração cinza, castanha e castanha esverdeada. Alguns fragmentos mostram estrutura fluidal.

Alguns afloramentos possuem amostras que evidenciam cloritização intensa dos minerais máficos.



Fotomicrografia 13 — Esferólitos em brecha magmática. x 63.
Nicóis II.



Fotomicrografia 14 — Fragmentos corroidos de feldspato. Bre-
cha magmática. x 25. Nicóis II.

Tipo c. Ocorre em tôda a área das brechas. As características mineralógicas e texturais da matriz são as mesmas dos tipos descritos acima. A diferença entre êste tipo e os anteriores está na relação quantitativa de fragmentos de feldspato e de rochas, que aqui é mais ou menos de 1:1 (foto 11).

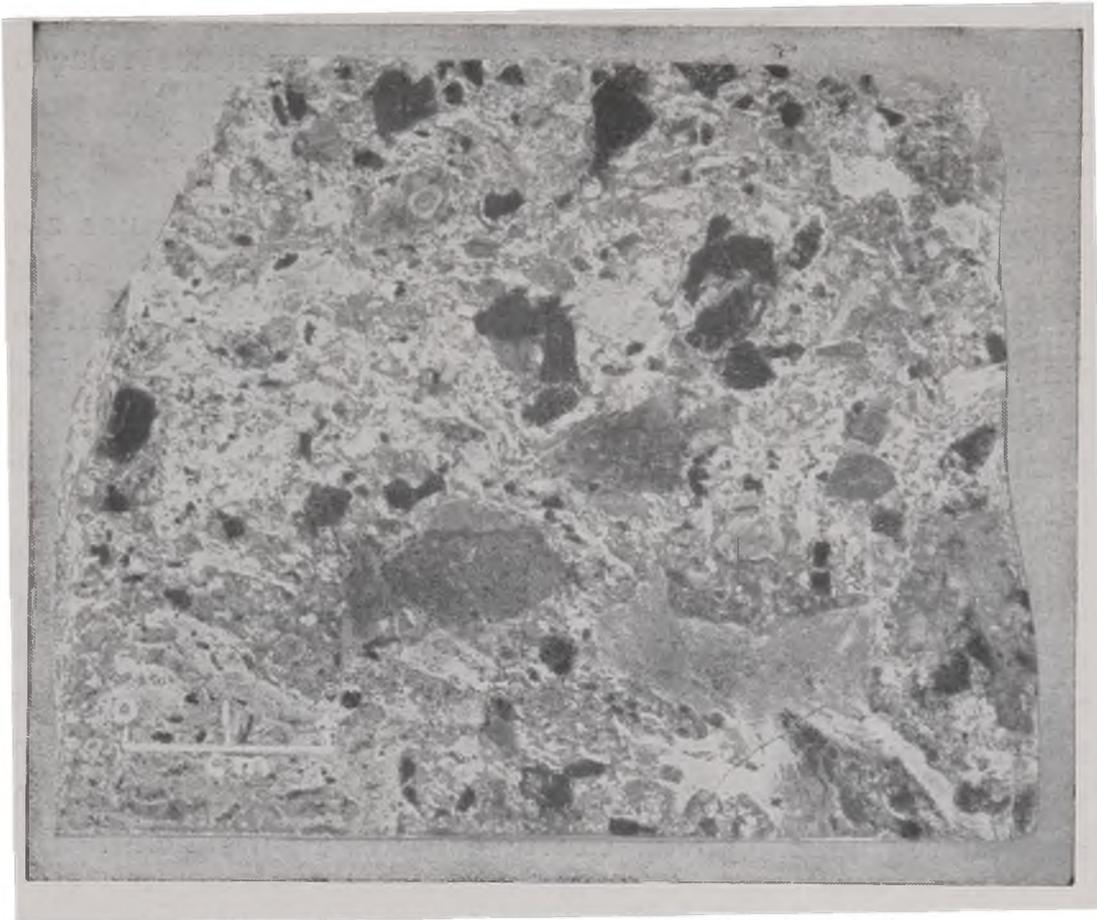


Foto 12 — Brecha magmática. Planalto do Itatiaia.

Tipo d. Aflora à altura do km 3,0 da estrada que sai do Hotel Monte Parnaso para a serra. O tinguaiito com pseudoleucita que também aflora neste local, gradativamente passa a êste tipo de brecha, que difere de tôdas as demais, por conter pseudoleucita. E' uma brecha cinza escura, com textura microgranular ou traquitóide. Na matriz que é constituída de massa muito fina, destacam-se alguns cristais de ortoclásio, anortoclásio, biotita, magnetita e apatita.

Os fragmentos são de ortoclásio, de anortoclásio ou de rochas traquitóides.

Na zona brechada são raros os pseudomorfos centimétricos, comuns no tinguaito com pseudoleucita em contacto com as brechas (fotos 9 e 12)

Tipo e. Ocorre pouco ao sul do km 12,1 da estrada Registro-Agulhas Negras, na região da Capelinha e em algumas zonas milonitizadas do planalto. São brechas de atrito, de origem diferente das descritas anteriormente, e sem qualquer relação com os dois corpos de brechas delineados no mapa geológico. Estas brechas estão geralmente silicificadas.

Quartzo-microsienito passando a brecha. Aflora nas zonas de transição do quartzo-sienito para brechas, em ambos os corpos de brechas. Descrevemos esta rocha neste capítulo em que estamos tratando das brechas, porque, apesar de não apresentar características microscópicas de rocha brechada, no campo pode-se perceber a passagem gradativa do quartzo-sienito para brecha, através desta rocha.

Microscopicamente, o aspecto que chama a atenção, é a estrutura fluidal e a abundância de pirita. É uma rocha cinza clara, de textura microgranular, com cristais na maioria xenomorfos. Algumas ripas sub-idiomorfos de ortoclásio, que se sobressaem na massa microcristalina, apresentam as bordas irregulares. Além de ortoclásio a rocha contém biotita, siderita, apatita, magnetita, pirita, clorita e quartzo intersticial.

MILONITOS

As zonas milonitizadas são freqüentes na região do planalto onde afloram os quartzo-sienitos. Tanto nas imediações das Prateleiras como no caminho para as Agulhas Negras e para Mauá, são comuns as ocorrências de milonitos, já intemperizados, e por isto mesmo, muitas vezes difíceis de serem distinguidos de diques de rochas alcalinas de granulação fina.

O milonito de maior espessura (1,50m) está exposto a 500m do abrigo Rebouças, na estrada para o abrigo Massena. Tem direção E. O e mergulha 50° para o norte. Aqui o quartzo sienito de granulação média a grossa, foi transformado numa

rocha de granulação fina, agora muito alterada. Na parte central da zona milonitizada, há uma faixa de rocha mais escura, com 0,5m de espessura, que sugere a intrusão de um dique através da rocha fendilhada e triturada.

DIQUES

Os gnaisses e as rochas alcalinas do Itatiaia são cortados por numerosos diques, com espessuras variáveis de poucos centímetros a alguns metros, geralmente com direção N-NE.

As rochas alcalinas são cortadas por diques de tinguaitos, de microsienitos bem como por outras alcalinas, cuja granulação muito fina aliada ao estado de alteração, não permitiu um estudo pormenorizado.

Os gnaisses do embasamento cristalino são atravessados por diques de rochas alcalinas finas, e por diques escuros, provavelmente de natureza diabásica.

HALOS PLEOCRÓICOS

Os halos pleocróicos observados nas biotitas de algumas das rochas alcalinas do Itatiaia poderiam ser interpretados sob dois aspectos. Como antigos halos formados nas rochas pré-cambrianas do teto gnáissico, posteriormente assimilado pelas rochas alcalinas, ou como halos mais recentes, primitivamente originados nas próprias rochas alcalinas.

Na discussão deste problema alguns fundamentos devem ser assentados.

1 — De acôrdo com Henderson^{36,37} Henderson e Bateson³⁸, Henderson e Turnbull³⁹, Rankama⁶¹ e Hayase³⁴, o escurecimento dos halos pleocróicos é proporcional à ionização causada por partículas alfa, ou seja, proporcional à radioatividade e ao tempo de atuação do núcleo da inclusão.

2 — De acôrdo com Holland e Kulp⁴⁰ e Kulp et al⁴⁴, desde que admitamos que a mitamictização é causada por bombardeamento radioativo, segue-se que a intensidade da destruição,

será afetada pela estabilidade inerente a cada mineral, pelo tempo e pela atividade total das partículas alfa do mineral incluso.

3 — Os halos pleocróicos, geralmente observados em rochas do Pré-Cambriano, já foram também encontrados em rochas do Paleozóico, e até mesmo do Terciário.

Assim é que Joly⁴² cita halos no granito Mourne do Terciário. Henderson³⁷ encontrou-os em rochas com menos de 400 milhões de anos. Hayase³⁴ identificou halos em granitos do Cretáceo e do Terciário. Henderson³⁶ menciona seis tipos de halos pleocróicos identificados em rochas de tôdas as idades geológicas.

4 — Nas rochas do embasamento cristalino da região do Itatiaia, não foram identificados halos pleocróicos, apesar da abundância de biotita.

5 — Em algumas rochas do contacto, em que provavelmente houve fenitização parcial, também não foram observados halos pleocróicos.

6 — O aegirina-sienito que aflora à altura do km 12 da estrada do P.N.I. para a TV Tupi, contém halos pleocróicos em cristais xenomorfos de biotita, incluídos em cristais maiores de aegirina. Em alguns destes cristais inclusos de biotita, há evidências de que houve transformação parcial de biotita em aegirina. Por outro lado a interpenetração de cristais de ortoclásio e plagioclásio, também sugere processos metassomáticos com produção de feldspatos alcalinos.

7 — Com exceção do caso citado acima, as biotitas com halos estão em rochas insaturadas, ricas em nefelina e sodalita (sienitos e foiaítos com sodalita e nefelina)

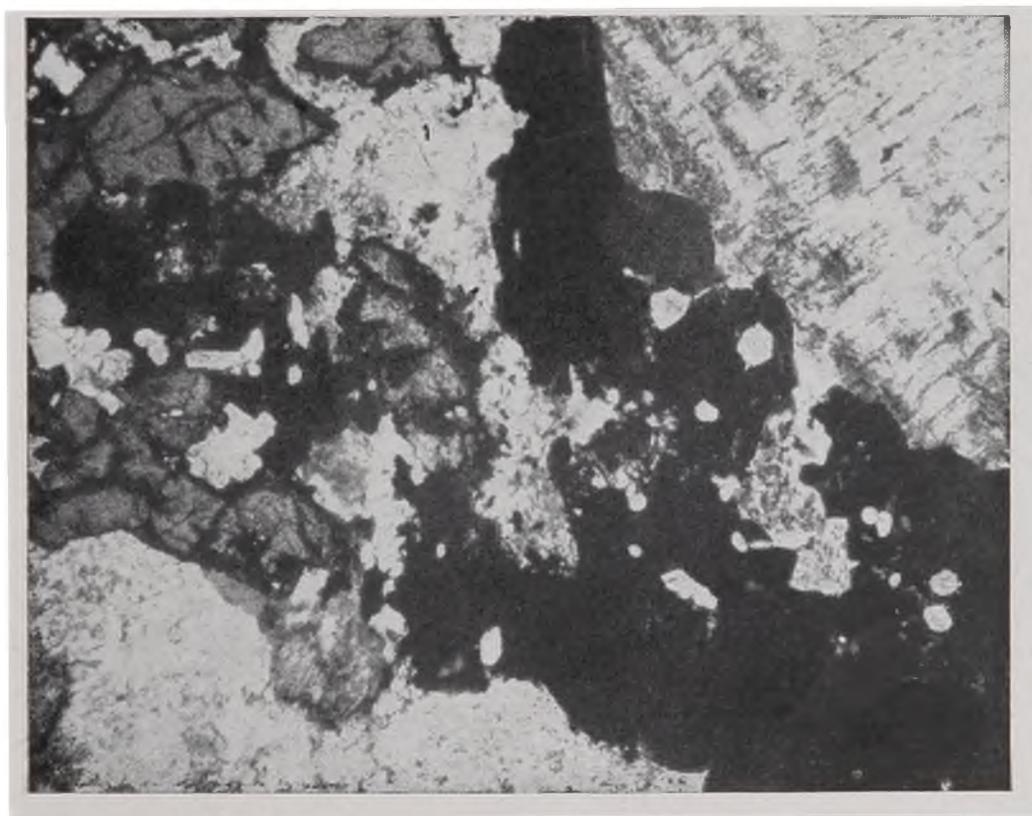
8 — As ocorrências das rochas que exibem halos pleocróicos, estão em plena zona de sienitos, na metade da distância entre o contacto com o embasamento e com os quartzo-sienitos, em cotas variáveis entre 1.500 e 2.400 metros.

9 — Nas rochas em que provavelmente houve fenitização parcial do gnaiss, o processo não foi suficientemente intenso

a ponto de produzir feldspatóides. Entretanto as biotitas com halos pleocróicos estão somente em rochas nefelínicas, às vèzes com sodalita.

10 — As rochas quartzo-feldspáticas, quando submetidas a processos metassomáticos alcalinos (ferritização), originam rochas em que a porcentagem de quartzo decresce e os cristais de biotita são total ou parcialmente substituídos por aegirina, à medida que o fenômeno se desenvolve (Eckermann¹⁵, Strauss e Truter⁷⁰, Mathias⁵¹ e Turner e Verhoogen⁷⁵).

Dois argumentos poderiam ser aventados em oposição a halos pleocróicos do Terciário, ou seja, halos formados originalmente nas rochas alcalinas do Itatiaia. O primeiro, seria o de que as rochas alcalinas são recentes demais para que pudessem conter biotitas com halos. O segundo argumento, sem dúvida mais convincente, refere-se ao fato de haver halos em cristais de biotita parcialmente transformada em aegirina, o que



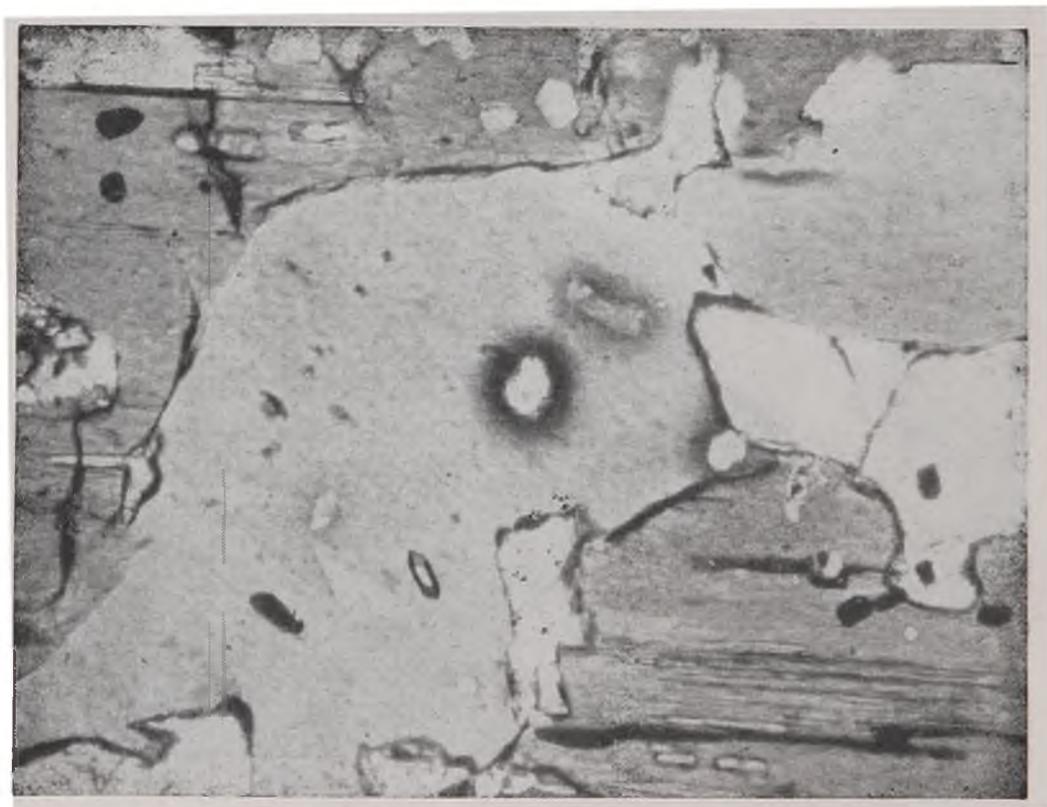
Fotomicrografia 15 — Magnetita com inclusões de apatita. Nefelina-sienito. x 25. Nicóis II.

indicaria biotitas oriundas de rochas gnáissicas posteriormente assimiladas pelo magma alcalino.

Por outro lado, o fato de não se ter encontrado halos nas rochas gnáissicas do embasamento cristalino, bem como a presença de halos em cristais idiomorfos de biotita nos nefelinasienitos e foiaítos, torna difícil a explicação, tanto pela assimilação de rochas biotíticas do teto gnáissico, quanto pela formação de fenito reomórfico.

A presença de feldspatóides nas rochas portadores de halos significa que, se estas tivessem sido originadas por fenitização, o processo deveria ter se dado com intensidade suficiente para transformar a biotita em aegirina. Êste fenômeno não pode entretanto ser generalizado para as rochas que contém halos em cristais idiomorfos de biotita, destituídos de qualquer evidência de substituição por aegirina.

Além das dificuldades mencionadas acima, há os casos já citados de halos pleocróicos encontrados em rochas até do Ce-



Fotomicrografia 16 — Biotita com halo pleocróico. Nefelina-sienito. x 160. Nicóis II.

nozóico, e ainda a relação entre radioatividade e o escurecimento dos halos.

Se os halos pleocróicos estão em biotitas provenientes de rochas do teto gnáissico do Pré-Cambriano, ou naquelas segregadas no magma alcalino, ou ainda se os halos se formaram tanto em biotitas antigas incorporadas pelas rochas alcalinas, mas também em biotitas geradas pelo magma alcalino, é um problema que somente poderá ser resolvido com determinações geocronológicas. Acreditamos, contudo, na maior probabilidade dos halos terem se formado nas biotitas segregadas pelo magma alcalino (fotomicrog. 16)

PETROGÊNESE DAS ROCHAS ALCALINAS DO ITATIAIA

O aspecto genético das rochas alcalinas do Itatiaia, foi abordado por Derby¹³ em 1889, que sem entrar nos pormenores dos eventos que teriam dado origem ao maciço, acreditava que o Itatiaia constituía exemplo de região vulcânica.

Freitas²⁷ estabeleceu a relação das intrusões alcalinas com o tectonismo da serra do Mar e serra da Mantiqueira, admitindo para o caso do Itatiaia uma origem plutônica-vulcânica.

Guimarães^{31 32}, relaciona a gênese das rochas alcalinas aos derrames basálticos que atingiram o sul do Brasil.

Lamego⁴⁶ foi, sem dúvida, quem mais se deteve no estudo da gênese do maciço alcalino do Itatiaia. Discordando da idéia de Derby quanto ao vulcanismo, adotou a teoria da origem plutônica, por diferenciação agpaítica.

Várias teorias já foram sugeridas com o objetivo de explicar a gênese das rochas alcalinas. Discutiremos algumas daquelas que poderiam ser propostas para o caso das rochas do Itatiaia:

1 — Dessilicificação de magma basáltico ou granítico por assimilação de calcário (Daly^{8 9} Shand^{65 66 67})

Esta teoria, cuja possibilidade de aplicação tem sido tão discutida, e até mesmo negada (Bowen⁴), não tem apoio algum no maciço do Itatiaia, que está limitado unicamente pe-

las rochas gnáissicas. Mesmo nas vizinhanças de toda a região estudada, não são conhecidas ocorrências de calcários.

2 — Diferenciação magmática relacionada e influenciada por movimentos átectônicos epirogênicos (Harker³³)

O embasamento cristalino no sul do Brasil, foi atravessado por algumas intrusões alcalinas dispostas ao longo de duas direções principais. A primeira, no sentido NE, compreende as ocorrências de Lages, Itapirapuã, Cananéia, Jacupiranga, Serrote, Ipanema, São Sebastião, Itatiaia, Gericinó, Tinguá, Medanha e Cabo Frio. A segunda direção, no sentido NW e quase normal à primeira, abrange as intrusões de São Sebastião, Poços de Caldas, Araxá, Salitre e Serra Negra (Ellert¹⁹)

Guimarães^{31 32}, ressalta a importância do ambiente tectônico na gênese das nossas rochas alcalinas. Freitas op. cit., também o faz, quando associa as intrusões de alcalinas ao tectonismo responsável pela formação das serras do Mar e da Mantiqueira. Por outro lado, Leinz⁴⁸ já reconheceu a existência de duas linhas de tensão no sul do Brasil. Uma paralela à linha da costa e outra perpendicular à primeira, teriam possibilitado a subida do magma basáltico.

Creemos que independentemente do processo magmático, por desenvolvimento de magma alcalino primário, ou por diferenciação a partir de magma basáltico, à luz dos fatos já citados, deve ter havido influência do ambiente na formação das rochas alcalinas do Itatiaia, alinhadas segundo as direções tectônicas.

3 — Cristalização fracionada de magma basáltico. Os magmas basálticos, responsáveis pela formação de rochas que ocupam amplas áreas distribuídas nos vários continentes, evidenciam que no curso da diferenciação magmática, podem dar frações finais correspondentes a traquitos, sienitos ou nefelina-sienitos. A diversificação no grau de insaturação das variedades magmáticas, parece estar ligada ao próprio magma primário.

No Brasil, vários autores concordam na relação entre tectonismo, derrames basálticos e intrusões alcalinas na parte meridional do país.

Freitas²⁴ menciona a semelhança entre as instruções alcalinas de São Sebastião e Itatiaia, dadas como comagmáticas e originadas por diferenciação de magma basáltico, pelo processo de cristalização fracionada normal.

Guimarães³¹ considera que no Brasil as rochas alcalinas originaram-se da atividade do magma basáltico, nas áreas adjacentes às de maiores deslocamentos epirogênicos.

Almeida², estudando a geologia e petrologia do arquipélago de Fernando de Noronha, opina sobre a origem daquela província de rochas alcalinas a partir de magma basáltico alcalino.

A semelhança petrográfica com algumas ocorrências já descritas, a ausência de calcários, as relações tectônicas, bem como o volume da intrusão, constituem argumentos favoráveis à gênese das alcalinas do Itatiaia, por diferenciação magmática a partir de matriz basáltica. Não há necessariamente a obrigatoriedade de se relacionar a origem das rochas alcalinas aos derrames basálticos da bacia do Paraná. Aliás, de acordo com as determinações de idade pelo método K-A, o vulcanismo basáltico abrange um intervalo entre 119-147 milhões de anos. Considerando que as rochas alcalinas do Itatiaia têm 66 m.a., não se deve correlacioná-las no tempo, ao vulcanismo basáltico do Eocretáceo (Amaral et al ⁸⁰ e Melfi ⁸¹)

Há complexos alcalinos ígneos, onde os diferentes tipos de sienitos estão associados a quartzo-sienitos e a granitos. Se de um lado há exemplos citados a favor da origem independente para as rochas saturadas e instauradas, não há negar que existem casos em que a relação gradual dos dois tipos de rochas, sugere uma origem a partir do mesmo magma primário

Tiley⁷⁴, ao estabelecer a sequência da diferenciação nos complexos ígneos alcalinos, distinguiu duas classes gerais de associação.

A — Complexos com nefelina-sienitos, mas em que a série termina com quartzo-sienito ou com granito.

B — Complexos que contém granito, mas em que a série termina com nefelina-sienito.

Julgamos que o maciço alcalino do Itatiaia constitui mais um exemplo a ser acrescentado àqueles mencionados por Tiley op.cit., para o caso de complexos alcalinos cuja série termina com quartzo-sienito e com granito.

Nas nossas observações de campo, e posteriormente pelo estudo microscópico das rochas, pudemos verificar que no Itatiaia há uma transição gradual de t \acute{e} rmos insaturados ricos em feldspat \acute{o} ides, que passam a rochas saturadas e finalmente a rochas supersaturadas. Esta transição progride das bordas do contacto com o embasamento cristalino, para a parte central do maciço. Assim é, que da periferia para o centro do maciço, afloram nefelina-sienitos, nefelina-sodalita-sienitos, nefelina-foiaítos, sienitos, pulaskitos, quartzo-sienitos, com proporções variáveis de quartzo que passa a granito alcalino. Poder-se-ia também imaginar que ao invés da transição gradual ter sido lateralmente, poderia representar uma variação em que os teores de sílica progridem com a altitude. Entretanto, os afloramentos de granito alcalino estão situados em níveis inferiores quando comparados com as altitudes das Agulhas Negras e das Prateleiras, onde afloram quartzo-sienitos (Fig. 2)

Os afloramentos em que a heterogeneidade nos tipos de rochas alcalinas insaturadas aparentemente invalidaram a sequência apontada acima, poderiam ser explicados como partes da intrusão, onde os processos de difusão não foram capazes de promover a completa homogeneização do magma.

Nos afloramentos de quartzo-sienitos e nordmarkitos do Planalto do Itatiaia, a passagem gradual com enriquecimento progressivo em quartzo é bem mais evidente que nos sienitos com maior ou menor grau de insaturação. A partir do contacto com as brechas para a parte central da área ocupada por quartzo-sienitos, as porcentagens de quartzo variam de 2% ao máximo de 27,5% no granito alcalino.

Nos sistemas sintéticos obtidos em fusões experimentais sob pressão de vapor de água, há uma barreira termal no sis-

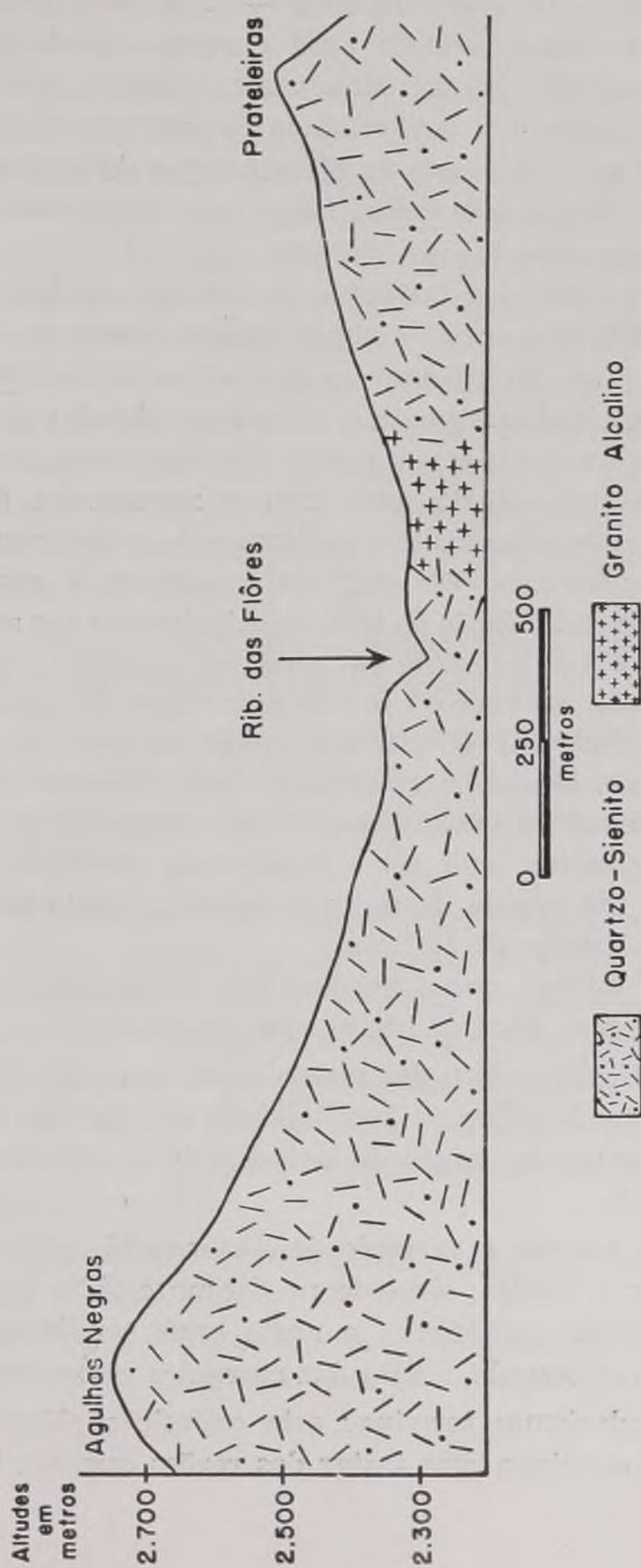


Fig. 2 — Seção geológica entre os picos das Agulhas Negras e Prateleiras, Planalto do Itatiaia.

tema ternário $\text{SiO}_2 - \text{Na Al SiO}_4 - \text{K Al SiO}_4$ que impede a transição de nefelina-sienito para granito através de sienito ou quartzo-sienito. Entretanto, como expõe o próprio Tiley *op.cit.*, há também a possibilidade de explicar-se esta transição, como sendo o produto da diferenciação de fusões naturais nas quais a composição é modificada por componentes máficos e por notável conteúdo em voláteis.

Outro problema relativo à gênese das rochas alcalinas do Itatiaia é o da possível assimilação das rochas do teto gnáissico, como meio de elucidar-se o enriquecimento em quartzo na região da cúpula magmática. As rochas híbridas do contacto, os xenólitos de gnaisses nas rochas sieníticas, bem como a existência de aegirina-sienito com cristais xenomorfos de biotita (provavelmente oriundos dos gnaisses pré-cambrianos, parcialmente transformados em aegirina), reforçam a possibilidade de ter havido assimilação do teto, principalmente nas zonas onde o quartzo acha-se presente em altas porcentagens. É possível que este problema venha a ser resolvido com determinações da composição isotópica de estrôncio, expressa pela relação $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$ (Faure e Hurley⁷⁹). Por outro lado, de acordo com Emons²⁰ e Gates²⁹, a textura granofírica constatada em quartzo-sienitos e granitos, pode ser o produto da cristalização fracionada final, em cúpula de sistema fechado, o que poderia ser aplicado ao maciço do Itatiaia.

Leinz⁴⁷ advoga que o nordmarkito do Ipanema parece representar a fase final da segregação magmática.

Streckeisen⁷¹ infere das observações de campo no complexo nefelínico de Ditro, a possibilidade do quartzo dos granitos alcalinos ter-se originado por dissolução de xenólitos do embasamento.

Tiley⁷³, usando o exemplo de Skaergaard, assevera que o fracionamento félsico, somente no último estágio pode produzir um resíduo granofírico, e neste caso, provavelmente depois de haver cessado a ação das correntes convencionais.

Não poderíamos terminar esta exposição sobre a gênese das rochas alcalinas, sem tratar das razões que nos levaram a

discordar da teoria agpaítica, aplicada ao maciço alcalino do Itatiaia por Lamego⁴⁶

São classificados como rochas agpaíticas, os nefelina-sienitos peralcalinos, com anfibólio sódico e aegirina em vez de biotita, hornblenda ou piroxênios diopsídicos. O termo agpaítico foi introduzido por Ussing, para definir rochas que ocorrem em Ilimaussaq, geradas por um magma, no qual, durante o processo da segregação magmática, a separação de sodalita, nefelina e microclina antecedeu à cristalização da maior parte dos minerais máficos (Sorensen⁶⁹). Entretanto, nas rochas alcalinas do Itatiaia, os cristais de feldspatóides ocupam os espaços residuais, o que lhes imprime o carácter xenomórfico, ao contrário do que sucederia caso fôsse invertida a ordem de segregação. Não foram também observados feldspatóides inclusos em minerais máficos.

Em 1960, Sorensen op.cit. estabeleceu as seguintes regras para o reconhecimento de rochas agpaíticas:

a — As rochas agpaíticas são de baixo conteúdo em Ca e Mg e não contém biotita, diopsídio e hornblenda. Entretanto todos êstes minerais são frequentemente encontrados nas rochas do Itatiaia.

b — As rochas agpaíticas contém silicatos complexos de Zr e de Ti, em vez de zircão e titanita. Também quanto a êste item as rochas do Itatiaia evidenciam o contrário. Ainda que o zircão não seja comum, a titanita o é. Nos sienitos, foiaítos, pulaskitos, brechas e quartzo-sienitos, a titanita é o mineral acessório que sempre está presente. Em alguns sienitos a titanita é proeminente o bastante, para ser macroscòpicamente reconhecida.

c — São rochas com eudialita, em que os carbonatos são raros.

As rochas do Itatiaia não contém eudialita, mas em algumas amostras identificamos calcita e siderita deutéricas.

d — São rochas nas quais há excesso de álcalis em relação ao alumínio, sendo geralmente válida a relação

TABELA 4

Análises Químicas
(Porcentagens em peso)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	56,20	57,88	60,38	59,56	59,72	59,30	61,40	69,60	66,00
TiO ₂	0,84	1,08	1,20	0,42	0,92	0,55	1,00	0,42	0,29
Al ₂ O ₃	22,12	18,34	18,35	19,10	19,55	18,90	19,00	13,90	16,70
Fe ₂ O ₃	1,60	2,31	1,15	1,91	1,71	1,70	1,60	1,10	1,10
FeO	1,31	2,05	1,54	1,95	1,65	0,70	1,80	0,60	1,50
MnO	0,15	0,15	0,14	0,12	0,15	0,15	0,19	0,05	0,02
MgO	0,80	0,86	1,82	1,07	1,35	0,60	0,90	0,30	0,30
CaO	1,56	2,26	1,22	1,16	1,94	1,40	1,70	1,00	1,80
Na ₂ O	7,72	6,36	7,28	6,44	5,34	8,50	5,20	4,50	5,70
K ₂ O	6,46	7,50	6,88	6,84	6,20	6,30	6,50	6,00	5,50
P ₂ O ₅	0,03	0,33	0,14	0,27	0,20	0,28	0,36	0,25	0,17
H ₂ O+						1,10	0,80	1,00	0,60
H ₂ O-						0,28	0,20	0,78	0,12
CO ₂						0,20	0,10	0,70	0,10
P. F	1,28	0,96	0,52	1,22	0,96				
Total	100,07	100,08	100,62	100,06	99,69	99,96	100,75	100,20	99,90

1 — Nefelina-sienito — Capelinha.

2 — Quartzo-sienito — Alto do Itatiaia.

3 — Sodalita-nefelina-sienito — Butner, Mauá.

4 — Nordmarkito — Agulhas Negra.

5 — Nefelina-sienito — Estação Biológica do Itatiaia.

6 — Sodalina-nefelina-sienito — Estação TV Tupi, P.N.I.

7 — Brecha magmática — Km 11 da estrada Registro-Agulhas.

8 — Nordmarkito — Estrada Rebouças-Massena.

9 — Biotita-gnaise alcalino — Fazenda Dois Irmãos.

Análises de 1 a 4 por Marysia Fontoura Leinz e Vera M.

Gomes, segundo Lamego ⁴⁶

Análises de 6 a 9 por Aida Espinola, do laboratório do D.N.P.M.

$$\frac{\text{Na} + \text{K}}{\text{Al}} \approx 1,2$$

Esta relação, calculada para as rochas do Itatiaia, com base nas análises químicas fornecidas por Lamego ⁴⁶, revelou valores inferiores ou iguais a 1,15. A mesma relação, quando calculada em função dos resultados das análises químicas dadas neste nosso trabalho, também fornece valores iguais ou inferiores a 1,15. A média da relação $\frac{\text{Na} + \text{K}}{\text{Al}}$, calculada pelos dados de

oito análises químicas é igual a 1,03. Estes resultados constituem mais um argumento contrário à diferenciação agpaítica para as rochas alcalinas do Itatiaia.

A figura 3, que representa o diagrama de variação dos óxidos em função da sílica, refere-se aos resultados das análises químicas de sienitos e nordmarkito, contidos na tabela 4.

As porcentagens de SiO₂ variam de 56,20% a 69,60%, sendo que este valor máximo corresponde ao nordmarkito

Percebe-se no diagrama que com exceção de Al₂O₃ e Na₂O, as curvas dos outros óxidos variam sub-paralelamente com o aumento das porcentagens de sílica.

Nos pontos da curva de Na₂O nota-se grande dispersão, o que se deve provavelmente à variação no conteúdo de nefelina dos sienitos. A menor porcentagem de Na₂O, igual a 4,50%, refere-se a nordmarkito em que a nefelina é mineral ausente.

A razão deste diagrama não estar integralmente de acordo com as curvas de variação deduzidas para o fenômeno de cristalização fracionada (Bowen ⁴), possivelmente prende-se ao fato de nele estarem representadas somente rochas com teores de SiO₂ acima de 56,20%.

GÊNESE DAS BRECHAS

A interpretação dos fenômenos que deram origem às brechas magmáticas do Itatiaia envolve problemas muito complexos, sujeitos obviamente a contestações várias. As explica-

ções quanto à gênese destas brechas, ainda pouco estudadas, têm muito de especulação. Por esta razão, diante das dificuldades que impedem uma solução conclusiva, preferimos separar neste capítulo, os fatos verificados, dos processos que fo-

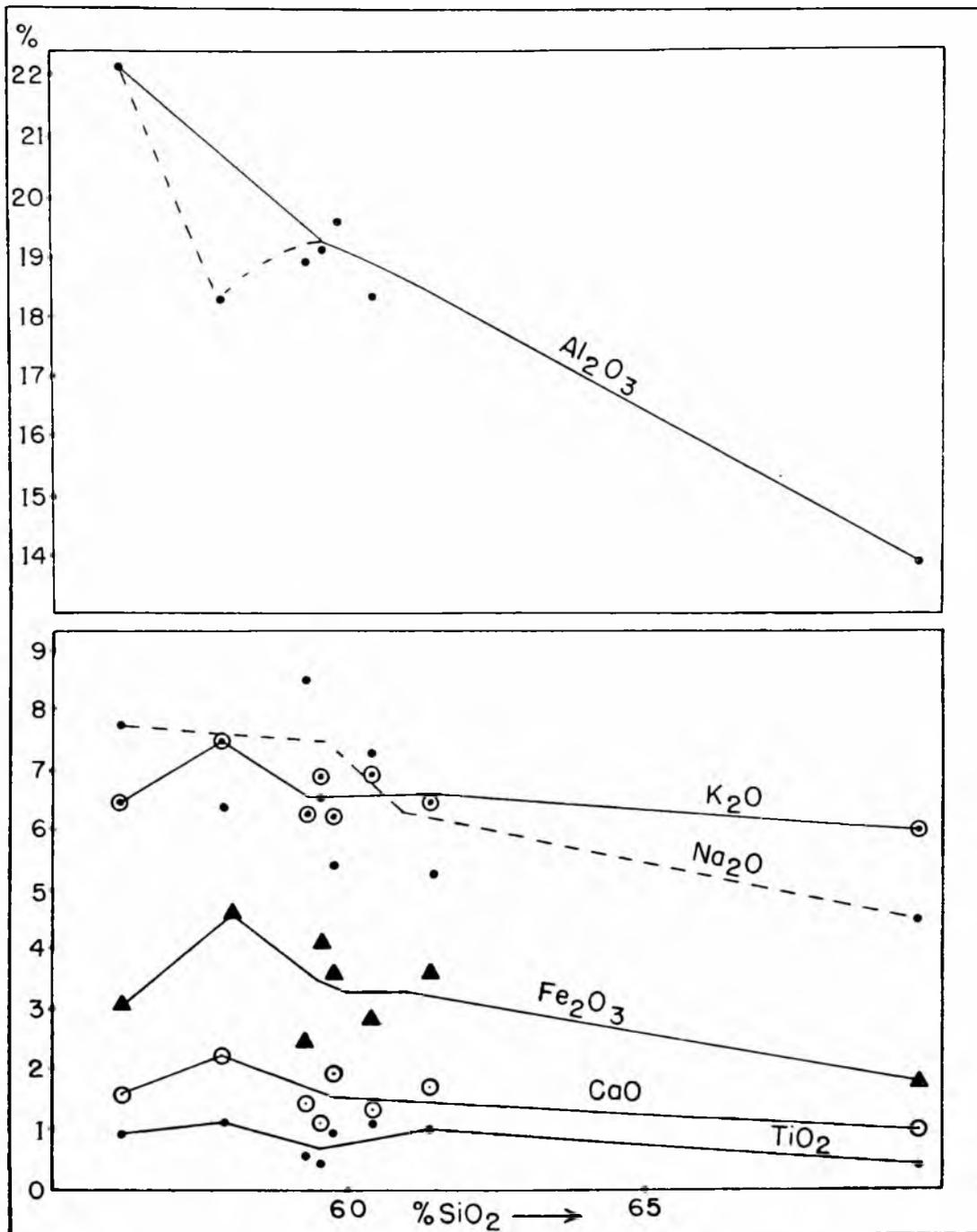


Fig. 3 — Diagrama de variação dos óxidos em função da sílica.

ram inferidos à luz das nossas observações petrográficas e geológicas.

Baseados nas nossas observações podemos asseverar que:

1 — Na região do Itatiaia não há evidências que comprovem a existência de rochas efusivas ou de material piroclástico.

2 — As brechas do Itatiaia não possuem fragmentos e nem matriz de origem vulcânica.

3 — Nos fragmentos e na matriz das brechas não foram encontradas vesículas.

4 — As brechas estão em contacto com sienitos e quartzosienitos de granulação fina, que passam gradativamente a brechas típicas. Do contacto para a parte central da zona de brechas, a porcentagem de fragmentos é crescente.

5 — Os fragmentos são quase na totalidade de natureza petrográfica semelhante à das rochas adjacentes (brechas autolíticas)

6 — A matriz microcristalina, que é constituída principalmente por massa feldspática, às vêzes contém quartzo microcristalino.

7 — Não foram identificados fragmentos de gnaiss.

8 — Alguns fragmentos de rochas ou de feldspatos contidos nas brechas, exibem bordas de corrosão magmática (fotomicrog. 14)

9 — As brechas comumente apresentam textura fluidal, muitas vêzes proeminente ao redor dos fragmentos.

10 — Na composição mineralógica da matriz das brechas, são freqüentes os carbonatos, pirita, fluorita e clorita deutéricos.

11 — O tinguaito com pseudo-leucita passa a brecha, sem que o contacto possa ser delineado.

As observações citadas nos itens acima, aliadas a algumas características dos fragmentos das brechas, tais como a ausência de seleção, angulosidade, levaram-nos a optar pela origem plutônica. Aliás brechas magmáticas intrusivas não constituem

novidade, porquanto já foram mencionadas na literatura geológica por muitos autores, entre os quais destacamos Durrell¹⁶, Fairbairn e Robson²¹, Gates²⁸, Goodspeed³⁰ e Parsons⁵⁶

Creemos que a fase de formação das brechas está associada a intrusão alcalina, rica em voláteis, e deu-se contemporaneamente a ela.

As brechas mostram alterações hidrotermais e são ricas em pirita e carbonato

Certamente os gases magmáticos, processos de "stopping", fenômenos de colapso das rochas das paredes, e concentração do conteúdo de água na matriz pastosa, desempenharam importante papel na formação das brechas.

Durrell¹⁶ afirma que durante a cristalização da "lama magmática", que representa somente parte da matéria ígnea, pode haver concentração de água correspondente a duas ou três vezes o conteúdo original.

Admitindo-se que a região do Planalto do Itatiaia, onde afloram os quartzo-sienitos e brechas, representa a zona da cúpula de diferenciação magmática, pode-se assumir que na fase final de diferenciação houve aumento da fração gasosa, com conseqüente desenvolvimento de pressões, capazes de provocar fendas de escape nas rochas alcalinas adjacentes. O magma, forçando as fraturas inicialmente formadas, ao penetrá-las foi ampliando-as, ao mesmo tempo em que arrancava fragmentos e produzia cavidades nas rochas das paredes, por atrito.

O mecanismo intermitente de enriquecimento e alívio de voláteis, processos de "stopping" fragmentando e assimilando porções das rochas encaixantes, bem como os fenômenos de colapso, conjuntamente associados aos possíveis movimentos de subsidência (Penalva⁵⁸), facilitaríam destarte o aumento e incorporação dos fragmentos ao magma ascendente, agora transformado em brecha intrusiva.

As brechas monolitológicas, classificadas neste nosso trabalho como brechas do **tipo e**, são de origem diversa das brechas magmáticas, ainda que possam ter-se formado contemporaneamente.

São brechas de atrito, localizadas em zonas de fraturas, onde houve maior intensidade de milonitização.

MACIÇO ALCALINO DE PASSA QUATRO(*)

O maciço alcalino de Passa Quatro está situado nos municípios de Itanhandu e de Passa Quatro, no estado de Minas Gerais; nos municípios de Lavrinhas e de Queluz, no estado de São Paulo e no município de Resende, no estado do Rio de Janeiro.

Ab'Sáber e Bernardes¹ referem-se ao maciço de Passa Quatro como outra porção foiaítica em bloco igualmente monolítico, porém com altitudes mais modestas que as encontradas no Itatiaia. Este corpo alcalino, que Ruellan** designou por maciço ou serra de Queluz está isolado das rochas sieníticas do Itatiaia pela garganta do Registro. O corredor gnáissico que separa os dois maciços, tem a largura mínima de um quilômetro na região do Registro, de onde se alarga para noroeste e para sudeste.

Ao redor das rochas alcalinas estão as do embasamento cristalino, constituído principalmente de biotita-gnaisses e gnaisses graníticos, com xistosidade predominante entre N40-70E, mergulhando para o sul. Os afloramentos de quartzito, com igual atitude, são de pequena extensão. Perto da região em que o rio Verde atravessa sobre rochas alcalinas, ocorrem pegmatitos com muscovita e turmalina.

Na escarpa nordeste do maciço, ao lado da rodovia Rio-Caxambu, há espesso manto de talus com blocos de rochas alcalinas parcial ou totalmente bauxitizados, formando depósitos já em exploração para a obtenção de sulfato de alumínio.

Nas escarpas noroeste e sudoeste, nas proximidades de Passa Quatro, há também depósitos de piemonte com abundantes

* Este capítulo já foi parcialmente reproduzido, com a nossa autorização, no boletim n.º 41 do Instituto Geográfico e Geológico, p. 114, capítulo de Eruptivas Alcálicas, de autoria do Prof. Ruy Ozório de Freitas, 1964.

** Conforme citação de Ab'Sáber e Bernardes¹

blocos de rochas alcalinas em processo de bauxitização, que eventualmente poderão constituir reservas exploráveis.

Na escarpa sudeste, onde o rio do Salto tem parte das suas nascentes, podem-se observar numerosos trechos em que os rios correm sobre enormes blocos de sienitos provenientes do maciço de Passa Quatro, diretamente assentados no embasamento gnáissico no estado fresco.

As fotografias aéreas que dispúnhamos, atingiam somente uma pequena parte da área do maciço de Passa Quatro. Por esta razão, recorreremos aos mapas municipais atualizados, executados pelo I.B.G.E. e gentilmente cedidos pelas prefeituras de Passa Quatro, Itanhandu, Resende e pelo próprio I.B.G.E. de São Paulo. Estes mapas, após redução da escala a 1:100.000, foram unidos a fim de que tivéssemos o mapa regional.

A linha de contacto das rochas alcalinas com o embasamento cristalino, foi acompanhada no campo na parte nordeste e noroeste, onde os bons afloramentos são de mais fácil acesso. Na parte restante o contacto é inferido através das observações de campo. O indispensável auxílio da foto-interpretção não foi utilizado por falta de fotografias aéreas.

ROCHAS ALCALINAS

As rochas alcalinas do maciço de Passa Quatro, semelhantes às do Itatiaia, ocupam uma área estimada em 110 km². É possível que aqui ocorram todos os tipos de rochas já descritos na região do Itatiaia. Entretanto, como o nosso objetivo se prendia mais às investigações geológicas do Itatiaia, limitamo-nos a coletar algumas poucas amostras para a análise petrográfica.

Foram encontrados sienitos, nefelina-sienitos, foiaítos, nefelina-microsienitos, nefelina-sienitos porfiróides e tinguíto porfiróide. O fato de não havermos localizado brechas e quartzosienitos, não nos autoriza a eliminar a possibilidade de que estas rochas possam aflorar na porção central do maciço alcalino, ainda não estudada.

O contôrno externo da intrusão alcalina é de forma aproximadamente elíptica, cujo eixo maior, com 17 km, está na di-

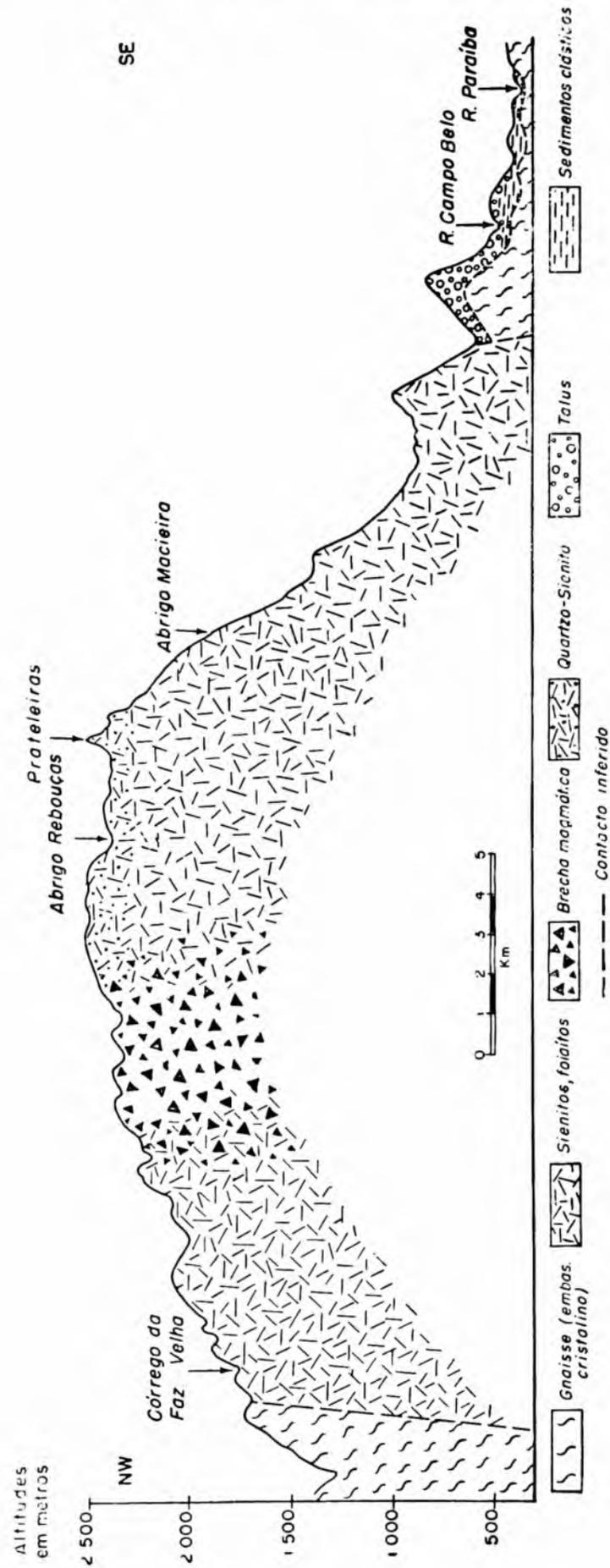


Fig. 4 — Seção geológica de Noroeste para Sudeste, maciço alcalino do Itatiaia.

reção NE-SW concordante com a xistosidade regional. O menor eixo, com 8 km, está na direção NW-SE.

A uniformidade geomorfológica, as semelhanças petrográficas, bem como a contiguidade, fazem crer que as intrusões alcalinas do Itatiaia e de Passa Quatro foram contemporâneas (*). É possível que o gnaiss localizado entre os dois maciços, constitua uma cunha de separação do tipo "roof pendants" (Daly⁸), ou simplesmente um septo (Fig. 5)

Da comparação macroscópica das rochas dos dois maciços, pudemos verificar algumas diferenças entre tipos petrográficos correspondentes, quais sejam:

1 — Os nefelina-sienitos do Itatiaia são geralmente cinza claros, e possuem cristais de titanita visíveis a olho nu. Os cristais de nefelina são de coloração que tendem para uma tonalidade rosa, enquanto no maciço de Passa Quatro a rocha análoga é cinza, com cristais de nefelina também de cor cinza, e a titanita não é mineral proeminente.

2 — Os tinguaitos do Itatiaia são de matriz cinza, enquanto os do Passa Quatro apresentam matriz castanha.

3 — No maciço de Passa Quatro não foram encontrados tinguaitos com pseudo-leucita, que ocorre somente em um dos afloramentos do Itatiaia.

Nefelina-sienito glomerular. Além dos tipos de nefelina-sienitos comparáveis aos do maciço do Itatiaia, amostramos e estudamos ao microscópio um exemplar diferente de todos quantos havíamos observado. Aflora à altura do km 5 da estrada nova, que está sendo construída a partir do km 33 da rodovia Rio Caxambu rumo ao Alto das Posses.

Trata-se de uma rocha de coloração cinza, de granulação média e de textura inequigranular. O seu aspecto macroscópico assemelha-se ao do granito alcalino do planalto do Itatiaia,

* Segundo E. Ribeiro Filho e U. G. Cordani, as idades das rochas do Itatiaia, Passa Quatro e Morro Redondo, respectivamente 66, 65 e 65,6 m.a., determinadas pelo método K-A, constituem mais um argumento favorável à associação genética destes maciços alcalinos. XX Congresso de Geologia da S.B.G., Publicação n.º 1, Rio de Janeiro, 1966.

com o qual pode ser confundido à primeira vista. Ao microscópio, entretanto, o que a olho nu se assemelha a quartzo, ou a cristais individualizados de nefelina, evidencia-se como agregados granulares de nefelina e ortoclásio. Estes agregados de dimensões milimétricas, ao microscópio, são de aspecto límpido e por isto mesmo facilmente reconhecíveis, quando contrastados com a aparência embaciada dos cristais de micropertita. Além de nefelina, esta rocha se compõe de micropertita sob a forma de cristais idiomorfos e ripiformes, ou em grãos sub-idiomorfos, de ripas aciculares de biotita e de magnetita. (Foto 13).

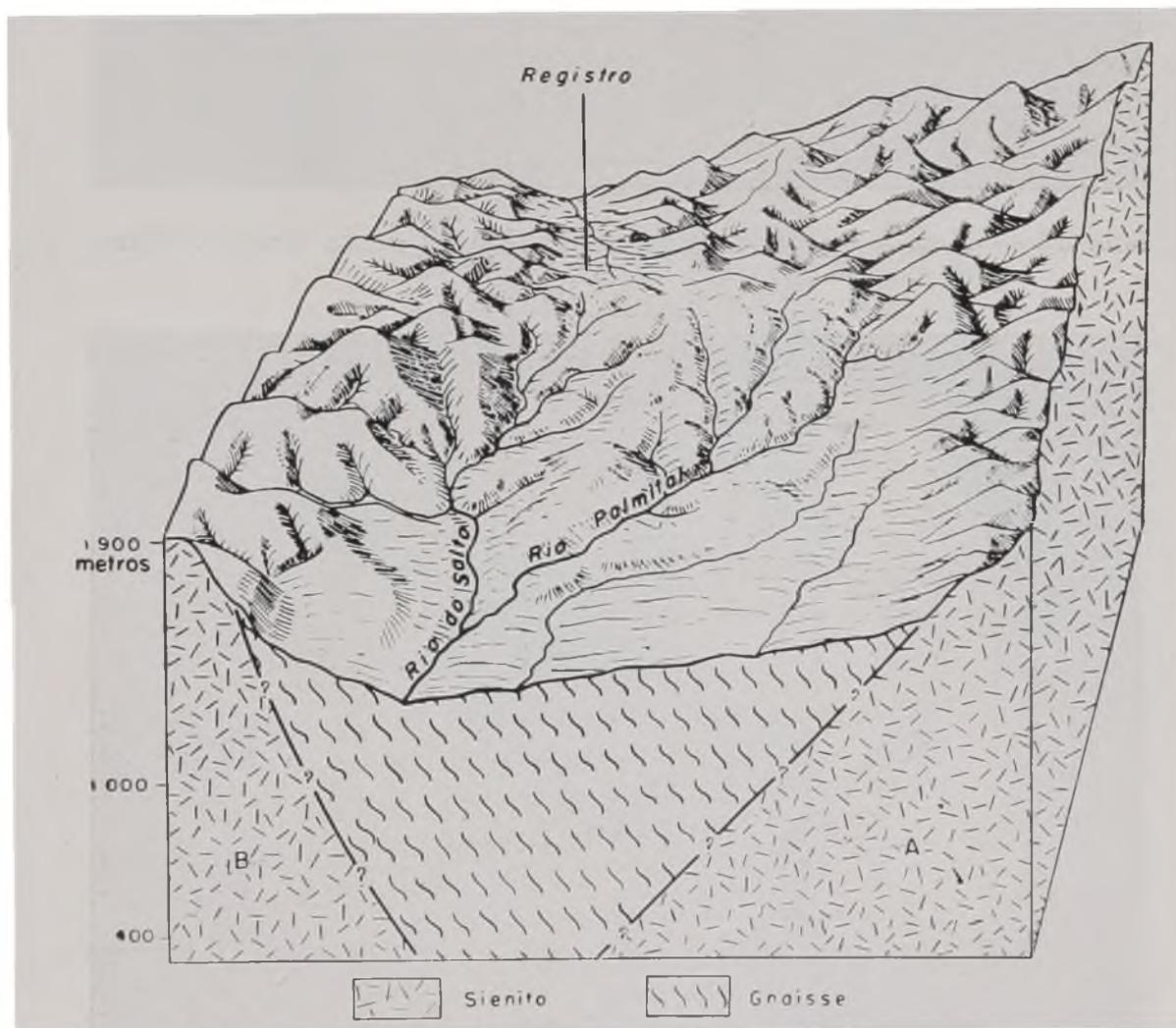


Fig. 5 — Bloco diagrama hipotético mostrando as relações dos maciços de rochas alcalinas do Itatiaia e de Passa Quatro. A separação entre os dois maciços por uma faixa de rochas gnáissicas, corresponderia a um teto pendente, ou simplesmente a um septo.

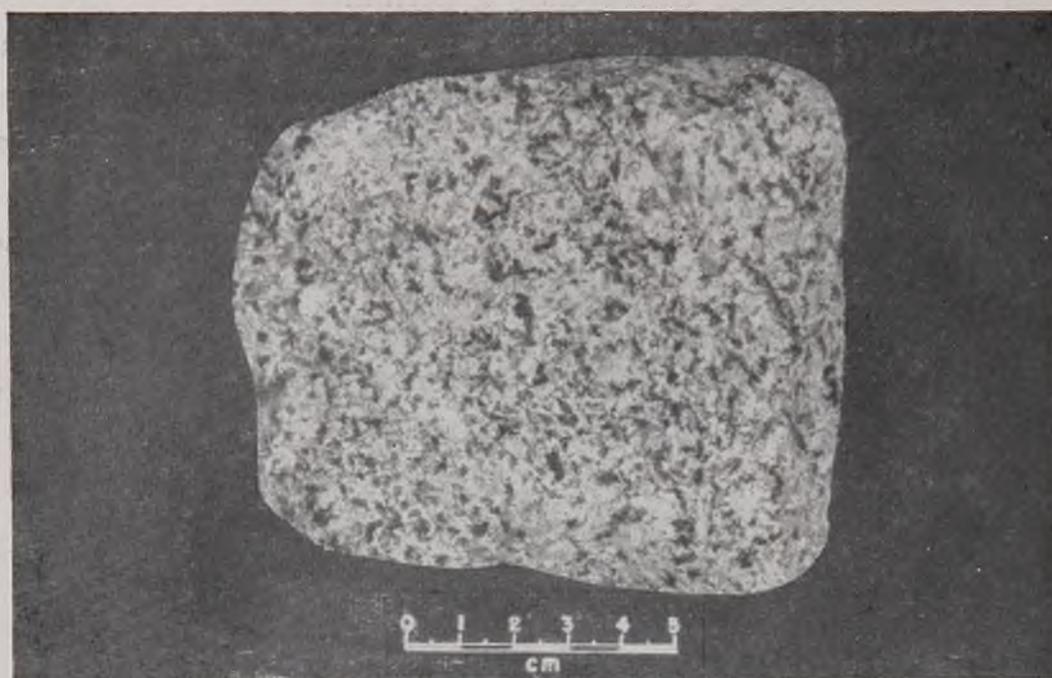


Foto 13 — Nefelina-sienito. Maciço alcalino de Passa Quatro. Estrada para o Alto das Posses.

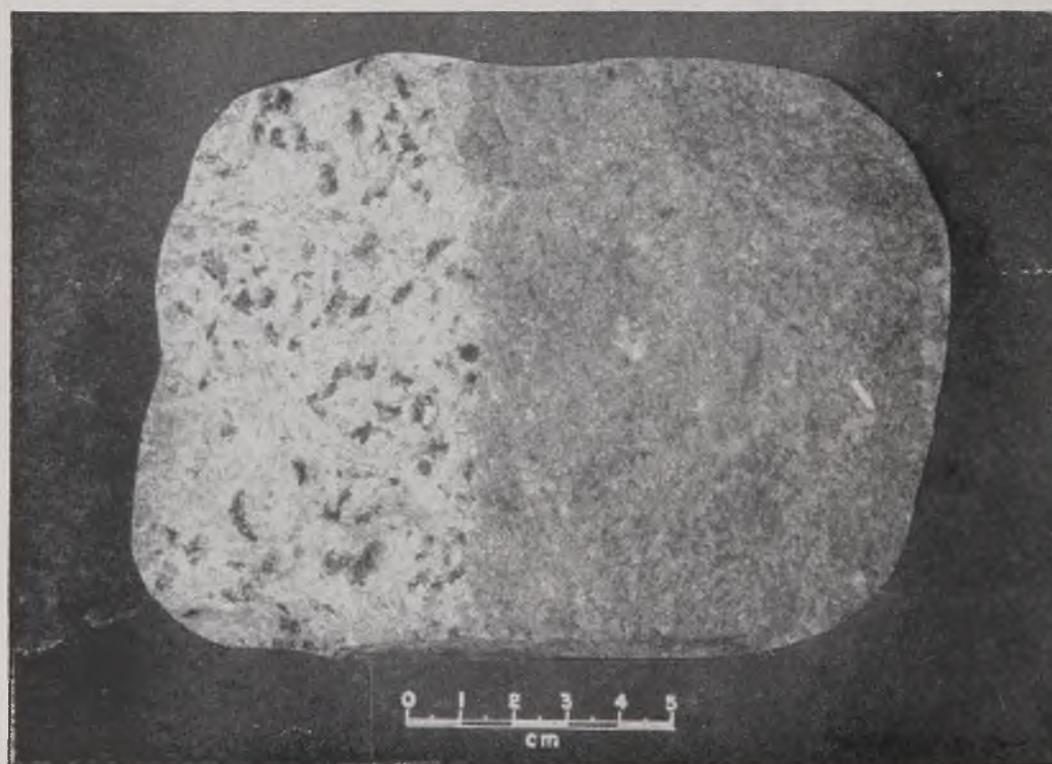


Foto 14 — Nefelina-sienito em contacto com nefelina-microsienito. Sede do P.N.I.

MACIÇOS DO ITATIAIA E PASSA-QUATRO



Foto 15 — Vista das Agulhas Negras, onde aflora quartzo-sienito. Notar as caneluras sulcadas na rocha. Planalto do Itatiaia.

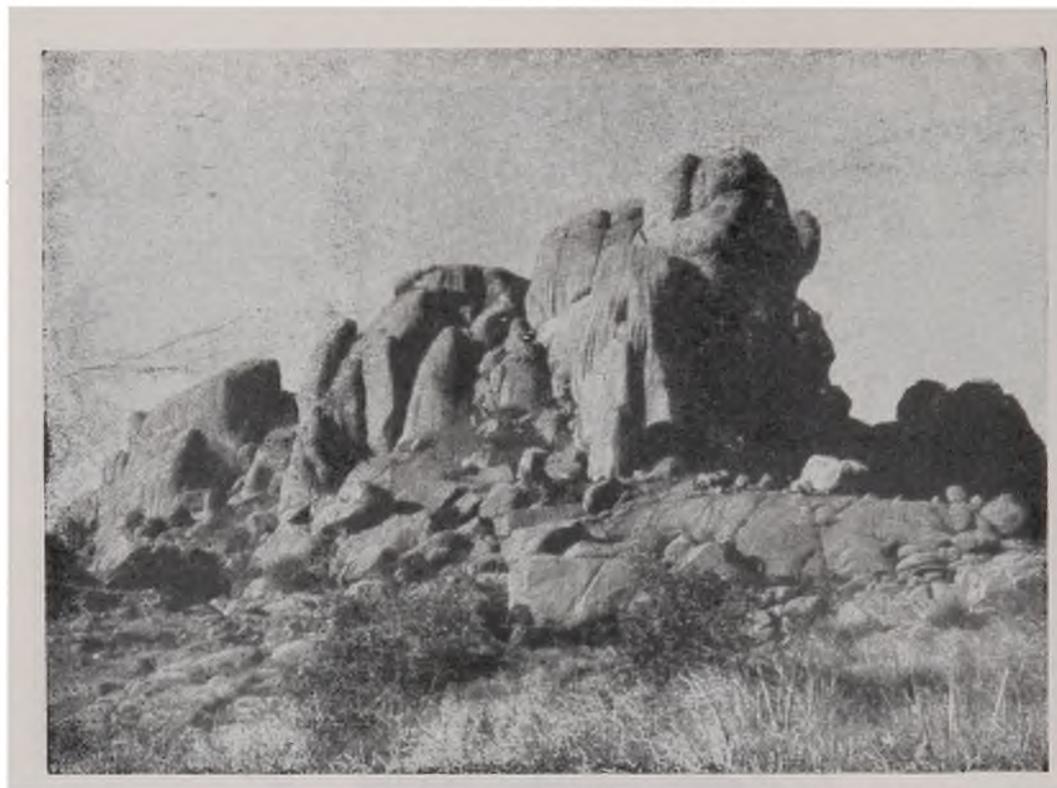


Foto 16 — Vista das Prateleiras, onde aflora quartzo-sienito. Planalto do Itatiaia.



Foto 17 — Vista parcial do maciço alcalino de Passa Quatro, observando-se em primeiro plano a Pedra do Couto, no Planalto do Itatiaia.

CONCLUSÕES

- 1 — Os maciços de rochas alcalinas do Itatiaia e de Passa Quatro formam dois corpos isolados, respectivamente com 221 km² e 110 km²
- 2 — A uniformidade geomorfológica, as idades, as semelhanças petrográficas, bem como a contiguidade, mostram a provável contemporaneidade e consanguinidade das intrusões alcalinas do Itatiaia e de Passa Quatro.
- 3 — O complexo alcalino do Itatiaia é formado de sienitos, foiaítos, pulaskitos, quartzo-sienitos, granito alcalino, brechas e tinguaito com pseudo-leucita. A existência destes diferentes tipos petrográficos é mais uma consequência da distribuição dos minerais em proporções variáveis e de modificações texturais, do que de diferenças na composição mineralógica.
- 4 — No Itatiaia, na fase final da intrusão, houve formação de quartzo-sienitos e de granito alcalino. Os quartzo-sienitos e o granito alcalino representam os últimos termos da transição gradual que provavelmente progrediu das bordas do contacto com rochas gnáissicas para a parte central do maciço, provocando a passagem de rochas insaturadas à saturadas.
- 5 — A textura granofírica, bem como a falta de orientação dos minerais que compoem o granito alcalino do planalto do Itatiaia, são argumentos favoráveis à origem por diferenciação magmática final em cúpula de sistema fechado.
- 6 — As brechas que ocupam uma área do planalto do Itatiaia, estimada em 10 km², são de origem magmática.
- 7 — Quanto à gênese das rochas alcalinas, aceitamos o processo de cristalização fracionada de magma basáltico relacionado a fenómenos tectônicos.
- 8 — As relações entre as porcentagens de Na, K e Al, bem como a composição mineralógica das rochas alcalinas do Itatiaia, tornam difícil a aplicação da teoria agpaíti-

ca, como meio de explicar a gênese do processo magmático.

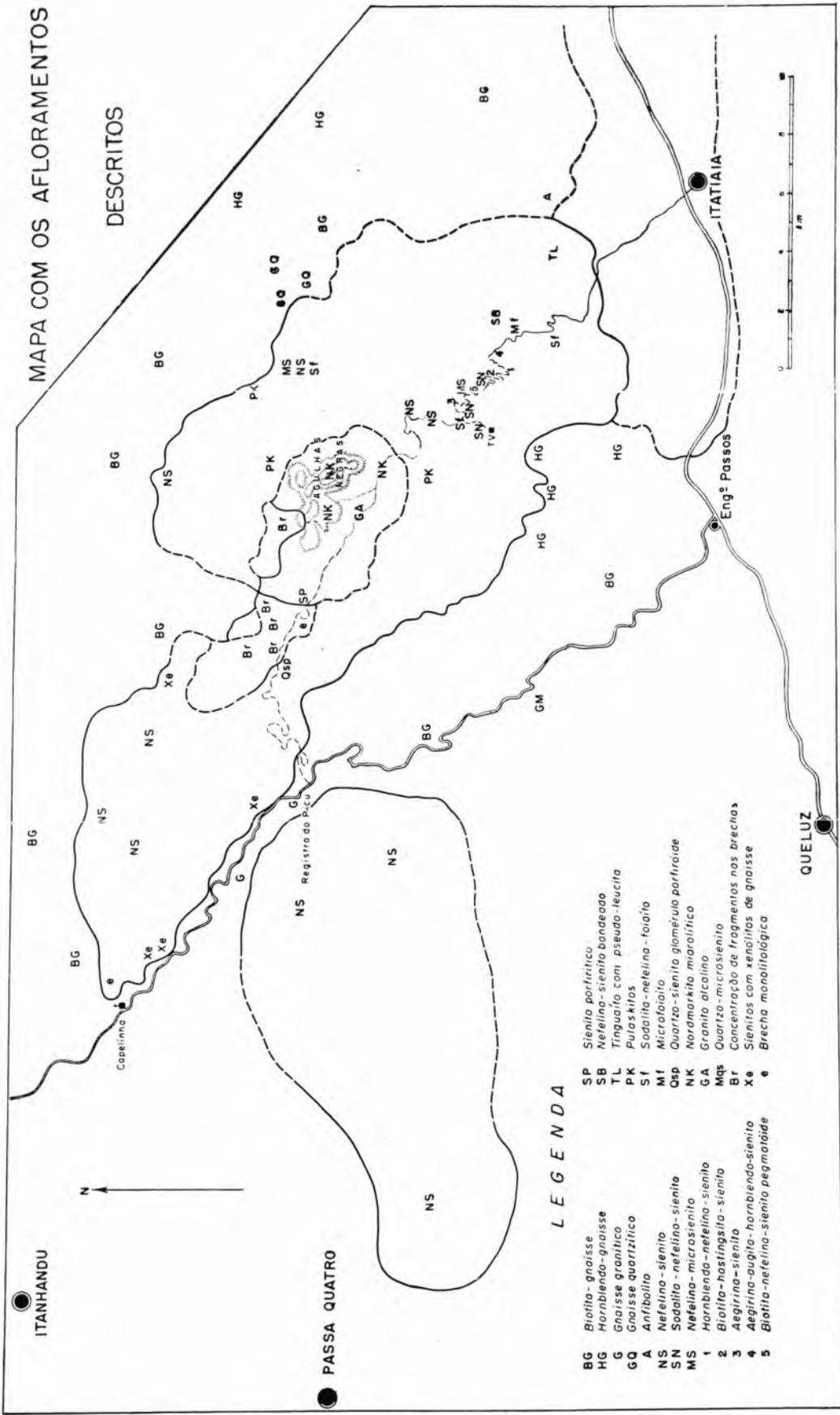
- 9 — As determinações de idade executadas pelo método do potássio-argônio em cristais de biotita, em duas amostras de nefelina-sienito do Itatiaia, revelaram os valores de 64,2 e 64,7 milhões de anos. De acordo com estes dados, a intrusão das rochas alcalinas do Itatiaia teria ocorrido no início do Terciário (Paleoceno) (*) Segundo Amaral et al, as idades dos sienitos do Itatiaia apresentam valor médio de 66 milhões de anos (**)
- 10 — Os cristais de biotita com halos pleocróicos formados por inclusões de zirconita e de apatita devem ter-se originado a partir do mesmo magma que gerou as rochas do complexo alcalino.

* Determinação realizada no Centro de Geocronologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo por G. Amaral, U. Cordani, K. Kawashita e J. H. Reynolds, usando-se o método do potássio-argônio em cristais de biotita, de nefelina-sienito.

** Amaral et al (1966) — Potassium-Argon Ages of Alkaline Rocks from Southern Brazil. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, (no prelo)

ITANHANDU

MAPA COM OS AFLORAMENTOS DESCRITOS



PASSA QUATRO

QUELUZ

Eng. Passos

ITATIAIA

L E G E N D A

- | | | | |
|----|--|-----|---|
| BG | Biotita - gnaíse | SP | Sienita porfírica |
| HG | Hornblenda - gnaíse | SB | Nefelina - sienita bandeada |
| G | Gnaíse granítico | TL | Tingualito com pseudo-leucita |
| GQ | Gnaíse quartzítico | PK | Pulaskitos |
| A | Anfibolito | Sf | Sodalita - nefelina - toaiáto |
| NS | Nefelina - sienita | Mf | Microfaiato |
| SN | Sodalita - nefelina - sienita | Qsp | Quartzo - sienita glomerula porfírica |
| MS | Nefelina - microsienita | NK | Noramarkita marginalítica |
| 1 | Hornblenda - nefelina - sienita | GA | Granito alcalino |
| 2 | Biotita - hastingsita - sienita | Mqs | Quartzo - microsienita |
| 3 | Aegirina - sienita | Br | Concentração de fragmentos nos brechias |
| 4 | Aegirina - augita - hornblenda - sienita | Xe | Sienitos com xenólitos de gnaíse |
| 5 | Biotita - nefelina - sienita pegmatóide | e | Brecha monofiolítica |

Fig. 6



Fig. 17 a



Fig. 17 b

Panorama visto do topo das Agulhas Negras: à esquerda no rumo norte, a serra Negra e os contrafortes das Agulhas; ao centro a várzea do rio Prêto; à direita, o pico do Marombas e anel intermediário; na extrema direita, o Leão e os Dois Irmãos (a figura 17b é o prolongamento da 17a, pelo lado direito desta).

BIBLIOGRAFIA

1. Ab'Sáber, A.N. e Bernardes, N. (1956) — Vale do Paraíba, serra da Mantiqueira e arredores de São Paulo. *Eng. Min. e Met.*, **24** (143): 284-292.
2. Almeida, Fernando F.M. (1955) — Geologia e petrologia do arquipélago de Fernando de Noronha. D.N.P.M., Div. de Geol. e Miner., Monografia 13. 181 p.
3. Backlund, H.G. (1933) — On the mode of intrusion of deep-seated alkaline bodies. *Bull. Geol. Inst. Upsala*, **24**: 1-24.
4. Bowen, Norman L. (1945) — Phase equilibria bearing on the origin and differentiation of alkaline rocks. *Am. J. Sci.*, **243-A**: 75-89.
5. ——— (1928) — The evolution of the igneous rocks. Dover Publications, Inc. New York. 332 p.
6. Chayes, F. (1949) — A simple point counter for thint-section analysis. *Am. Miner.*, **34** (1 e 2): 1-11.
7. Chayes, F. and Fairbairn, H.W. (1951) — A test of precision of thin-section analysis by point counter. *Am. Miner.* **36** (9 e 10): 704-712.
8. Daly, R.A. (1918) — Genesis of the alkaline rocks. *Jour. Geol. Soc.*, **26** (2): 97-134.
9. ——— (1933) — Igneous rocks and the depths of the earth. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York, 598 p.
10. De Martonne, E. (1943) — Problemas morfológicos do Brasil tropical atlântico. *Rev. Bras. de Geogr.*, **5** (4): 523-550.
11. ——— (1944) — Problemas morfológicos do Brasil tropical atlântico. *Rev. Bras. de Geogr.*, **6** (2): 155-178.
12. Derby, O.A. (1887) — On nepheline rocks in Brazil, with special reference to the association of phonolite and foyaite. *Quart. Jour. Geol. Soc.* **43**: 457-473.
13. ——— (1889) — Os picos altos do Brasil. *Bol. Soc. Geogr. Rio de Janeiro*, **5**: 13-35.
14. Domingues, A.J.P. (1952) — Maciço do Itatiaia. *Rev. Bras. de Geogr.*, **14** (4): 463-471.
15. Dunsen, P. (1905) — Sur la flore de la serra de Itatiaya. *Arq. do Mus. Nac.*, **13**: 5-6.
16. Durrell, C. (1944) — Andesitic breccia dikes near Blairsden, California. *Bull. Geol. Soc. Amer.* **55** (3): 255-272.

17. Ebert, Heinz (1960) — Novas observações sôbre a glaciação pleistocênica na serra do Itatiaia. *Anais da Acad. Bras. Ciênc.*, **32** (1): 51-73.
18. Eckermann, H. von (1948) — The alkaline district of Alnö Island Sver. Geol. Undersökning, Ser. Ca (36), Stockholm. 176 p.
19. Ellert, R. (1959) — Contribuição à geologia do maciço alcalino de Poços de Caldas. *Bol. Fac. Fil. Ciênc. e Letras da U.S.P.*, **237** (Geologia 18) 63 p.
20. Emmons, R.C. (1953) — Petrogeny of the syenites and nepheline syenites of central Wisconsin. *Mem. Geol. Soc. Amer.*, **52**: 71-87.
21. Fairbairn, H.W. and Robson, G.M. (1942) — Breccia at Sudbury, Ontario *Jour. Geol. Soc.*, **50**: 1-33.
22. Fisher, R. V (1958) — Definition of volcanic breccia. *Geol. Soc. Amer.*, **69** (8): 1071-1073.
23. Freitas, R.O. de (1944) — Jazimento das rochas alcalinas no Brasil meridional. *Eng. Min. e Met.*, **8** (43): 45-48.
24. ——— (1947) — Geologia e petrologia da Ilha de São Sebastião. *Bol. Fac. Fil. Ciênc. e Letras da U.S.P.*, **85** (Geologia 3) 244 p.
25. ——— (1951) — Ensaio sôbre a tectônica moderna do Brasil. *Bol. Fac. Fil., Ciênc. e Letras da U.S.P.* **130** (Geologia 6). 120 p.
26. ——— (1956) — Considerações sôbre a tectônica e a geologia do vale do Paraíba. *Eng. Min. e Met.*, **24** (143): 276-283.
27. ——— (1958) — Geologia da barragem do funil. *Esc. Eng. São Carlos, U.S.P.*, *Geologia n.7, (Publ. n. 21)* 13 p.
28. Gates, Olcott (1959) — Breccia pipes in the Shoshone Range, Nevada. *Econ. Geol.* **54** (5): 790-815.
29. Gates, R.M. (1942) — Baxter Hollow granite cupola. *Am. Miner.*, **27** (10): 699-711.
30. Goodspeed, G.E. (1953) — Rheomorphic breccias. *Amer. J. Sci.*, **251** (6): 453-469.
31. Guimarães, D. (1947) — Origem das rochas alcalinas. *Bol. Inst. Tec. Ind.*, **5**. Belo Horizonte. 102 p.
32. ——— (1960) — Fundamentos da petrologia e as rochas ígneas do Brasil. *D.N.P.M., Div. Fom. Prod. Min.*, *Bol.* **107**. 410 p.
33. Harker, A. (1917) — Pres. Address, *Quart. Journ. Geol. Soc.*, **73**: 67-96.

34. Hayase, I. (1954) — Relative geologic measurements on granites by pleochroic haloes and the radioactivity of the minerals in their nuclei. *Am. Miner.*, **39** (9 e 10): 761-772.
35. Heinrich, E. Wm. (1956) — *Microscopic petrography* MacGraw Hill Book Company, Inc. New York 296 p.
36. Henderson, G.H. (1937) — Some new types of pleochroic haloes. *Nature*, **140**, July 31, p. 191.
37. ——— (1939) — A new method of determining the age of certain minerals. *Proc. Roy. Soc. London*, **A-145**: 591-598.
38. Henderson, G.H. and Bateson, S. (1939) — A quantitative study of pleochroic haloes, Part I, *Proc. Roy. Soc. London*, **A-145**: 563-581.
39. Henderson, G.H. and Turnbull, L.G. (1939) — A quantitative study of pleochroic haloes, Part II, *Proc. Roy. Soc. London*, **A-145**: 582-591.
40. Holland, H. D. and Kulp, J. L. (1950) — Geologic age from metamict minerals. *Science*, **111**, March 24, p. 312.
41. Johannsen, A. (1939) — *A descriptive petrography of the igneous rocks*, 2a. ed. 1-3. The University of Chicago Press, Chicago, Illinois. 318 e 360 p.
42. Joly, J. (1923) — Pleochroic haloes of various geological ages. *Proc. Roy. Soc. London*, **A-102**: 682-705.
43. King, L.C. (1956) — Geomorfologia do Brasil oriental. *Rev. Bras. Geogr.*, **18**: 147-256.
44. Kulp, J. L. et al (1952) — Age from metamict minerals. *Am. Miner.*, **37** (9 e 10): 709-718.
45. Laffite, P (1957) — *Introduction a l'étude des roches métamorphiques et des gites métallifères*. Masson & Cia., Paris. 343 p.
46. Lamego, A.R. (1936) — O maciço do Itatiaia e regiões circundantes. *S.G.M., Bol.* 88. 93 p.
47. Leinz, V (1940) — *Petrologia das jazidas de apatita de Ipanema (Est. de S. Paulo)*, D.N.P.M., Div. Fom. Prod. Min., *Bol.* 40. 52 p.
48. ——— (1949) — *Contribuição à geologia dos derrames basálticos do sul do Brasil*. *Bol. Fac. Fil., Ciên. e Letras da U.S.P.*, **103** (Geologia 5) 61 p.
49. Maack, R. (1957) — *Über Bereisungsperiodem Und Vereisungsspuren in Brasilien*. *Geol. Rund.*, **45** (3): 547-595.
50. Martin, H., Mathias, M. e Simpson, E.S.W. (1960) — *The Damaraland sub-volcanic ring complexes in south west Africa*. XXI Intern. Geol. Congress, part XIII. Copenhagen. 156-174

51. Mathias, M. (1956) — The petrology of the Messum Igneous Complex, south west Africa. *Trans. Proc. Geol. Soc. S. Afr.*, **59**: 23-57
52. Mau, H. e Coutinho, J.M.V (1959) — Um veio carbonático com terras raras e tório no Maciço do Itatiaia, R.J. *Bol. S. B.G.*, **8** (1): 51-62.
53. Milner, H.B. (1952) — *Sedimentary petrography* Thomas Murby & Co., London. 666 p.
54. Odman, O.H. (1955) — On the presumed glaciation in the Itatiaia mountain, Brazil. *Eng. Min. e Met.*, **21** (123): 107-108
55. Oliveira, E. (1925) — Épocas metalogenéticas do Brasil. *Serv. Geol. e Miner. do Brasil, Bol.* **13**: 121-127.
56. Parsons, W. H. (1960) — Origin of tertiary breccias Wyoming. *XXI Int. Geol. Congress, part XIII. Copenhagen.* 139-146.
57. Penalva, F (1962) — Brecha magmática do Itatiaia. *Bol. S.B.G.*, **11** (1): 117-124.
58. ——— (1966) — *Geologia da Região do Itatiaia (Sudeste do Brasil): Morfologia e Tectônica.* Tese de Doutorado apresentada à Fac. Fil. Ciên. Letr. da U.S.P. *Bol. Fac. Fil. Ciên. Letr. (Geologia 22)*
59. Pierson, C.T. Haynes, D.D. and Ribeiro Filho, E. (1957) *Reconnaissance for radioactive minerals in the southern part of Brazil.* U.S.P. Depart. of Interior. TEM-1098, Washington, D.C. 19 p.
60. Pinto, M.S. (1938) — Descoberta de ocorrência de bauxita no Itatiaia. *Min. e Met.*, **8** (15): 183-184.
61. Rankama, K. (1954) — *Isotopic geology.* Pergmon Press Ltda., London. 535 p.
62. Rich, L.J. (1953) — Problems in brazilian geology and geomorphology suggested by reconnaissance in summer of 1951. *Bol. Fac. Fil., Ciên. e Letras da U.S.P.*, **146** (Geologia 9). 53 p.
63. Ruellan, F (1943) — Comunicação sôbre a excursão a Campo Belo e Itatiaia. *Bol. C.N.G.*, **1** (7): 76-79.
64. ——— (1953) — O papel das enxurradas no modelado do relêvo brasileiro. *Bol. Paulista de Geogr.*, (13): 5-18.
65. Shand, S.J (1922) — The problem of the alkaline rocks. *Trans. Geol. Soc. S. Afr.*, **25**: 19-32.
66. ——— (1943) — *Eruptive rocks*, 2a. ed. John Wiley & Sons. Inc., New York. 444 p.
67. ——— (1945) — The present status of Daly's hypothesis of alkaline rocks. *Am. J. Sci.*, **243-A**: 495-507.

68. Silveira, J.D. da (1942) — Itatiaia. Anais do IX Congresso Brasileiro de Geografia, 2: 607-619. Rio de Janeiro.
69. Sorensen, H. (1960) — On the agpaitic rocks. XXI Int. Geol. Congress, part XIII, Copenhagen. 319-327.
70. Strauss, C.A. and Truter, F.C. (1950) — The alkali complex at Spitskop, Sekukuniland, eastern Transvaal. Trans. Proc. Geol. Soc. S. Afr., 53: 81-125.
71. Streckeisen, A. (1960) — On the structure and origin of the nepheline-syenite complex of Ditro (Transsylvania, Roumania) XXI Int. Geol. Congress, part XIII, Copenhagen. 228-238.
72. Teixeira, D. (1961) — Relêvo e padrões de drenagem na chaminé vulcânica do Itatiaia. Bol. Paulista de Geogr., (37): 3-12.
73. Tiley, C.E. (1950) — Some aspects of magmatic evolution. Quart. Journ. Geol. Soc., 106 (421): 37-61.
74. ——— (1958) — Problems of alkaline rock genesis. Quart. Jour. Geol. Soc., 113 (451): 323-360.
75. Turner, F.J and Verhoogen, J. (1960) — Igneous and metamorphic petrology, 2a. ed. (McGraw-Hill Book Company, Inc., New York. 694 p.
76. Wahlstrom, Ernest E. (1950) — Introduction to theoretical petrology John Wiley & Sons, Inc., New York. 366 p.
77. ——— (1955) — Petrographic mineralogy. John Wiley & Sons Inc. New York. 408 p.
78. Williams, H. Turner, F.J and Gilbert, C. M. (1955) — Petrography: an introduction to the study of rocks in thin sections. W. H. Freeman and Company. San Francisco. 406 p.
79. Faure, G. and Hurley, P. M. (1963) — The Isotopic Composition of Strontium in Oceanic and Continental Basalts: Application to the Origin of Igneous Rocks. Jour. Petrol., 4 (1): 31-50.
80. Amaral et al (1966) — Potassium-argon dates of basaltic rocks from southern Brazil. Geochimica et Cosmochimica Acta, 30 (2): 159-189.
81. Melfi, A. J. (1967) — Potassium-argon dates on drill core samples of basaltic rocks from southern Brazil. Geochimica et Cosmochimica Acta, (no prelo)

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

Faustino Penalva

Entregue para publicação em 4 de junho de 1964.

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

ABSTRACT

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

RESUMO

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

I — INTRODUÇÃO

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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

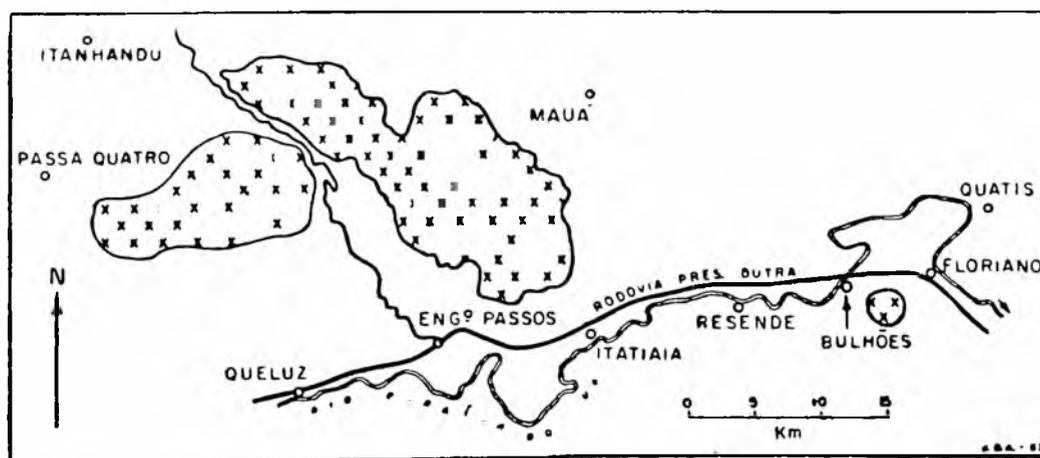


Fig. 2 — Situação dos corpos alcalinos da região do Itatiaia. De oeste para leste: Passa Quatro, Itatiaia e Morro Redondo.

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

II — TRABALHOS ANTERIORES

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

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

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

III — MÉTODOS DE TRABALHO

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

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

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

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

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

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

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

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

(*) Vide a parte precedente dêste Boletim.

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

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

IV — GEOLOGIA REGIONAL

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

* Vide rodapé pág. 79.

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

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

V — OS CORPOS INTRUSIVOS DA PROVÍNCIA ALCALINA DO ITATIAIA

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

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

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

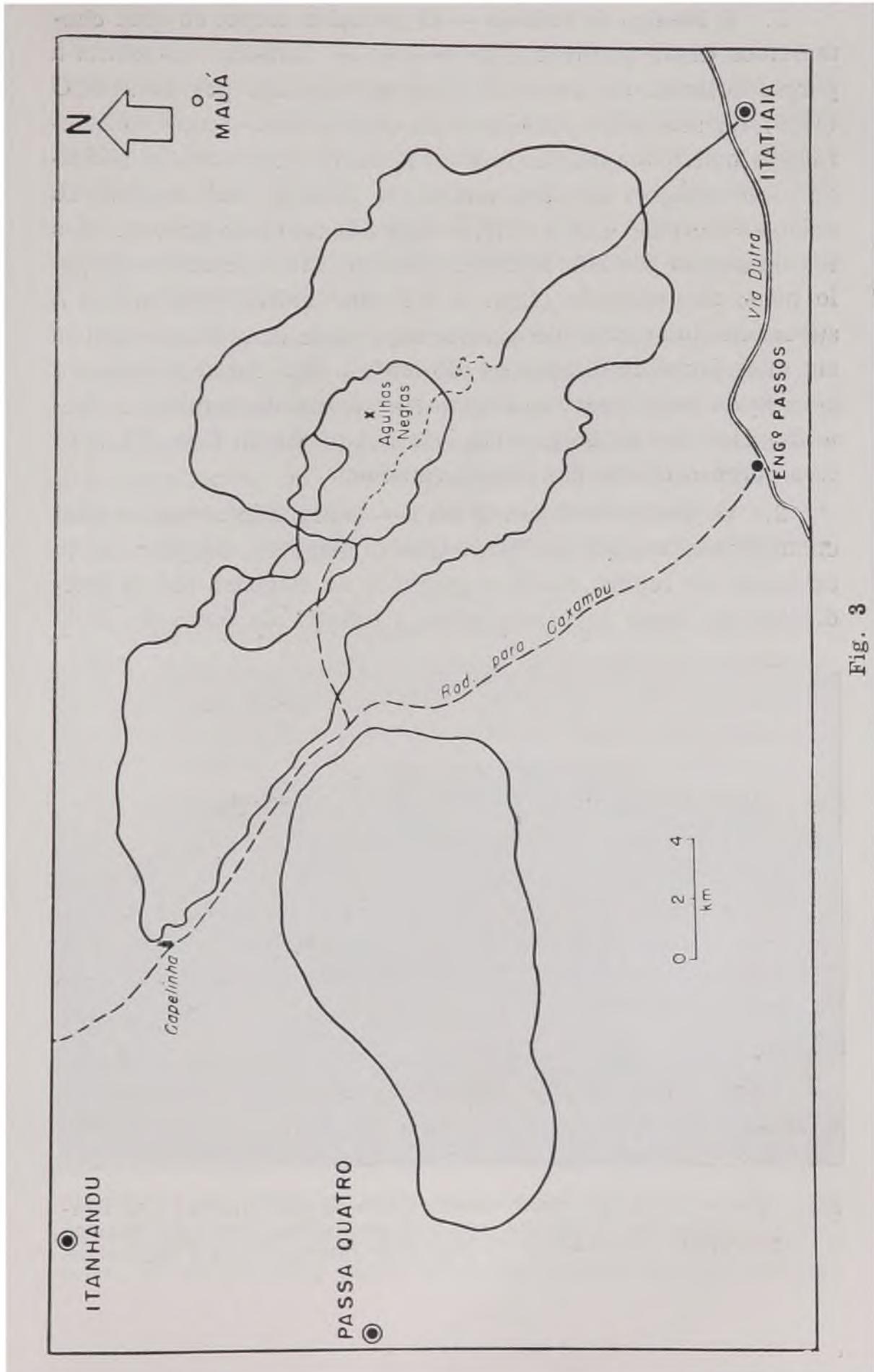


Fig. 3

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

VI — O CORPO ALCALINO DO ITATIAIA

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

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



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

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

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

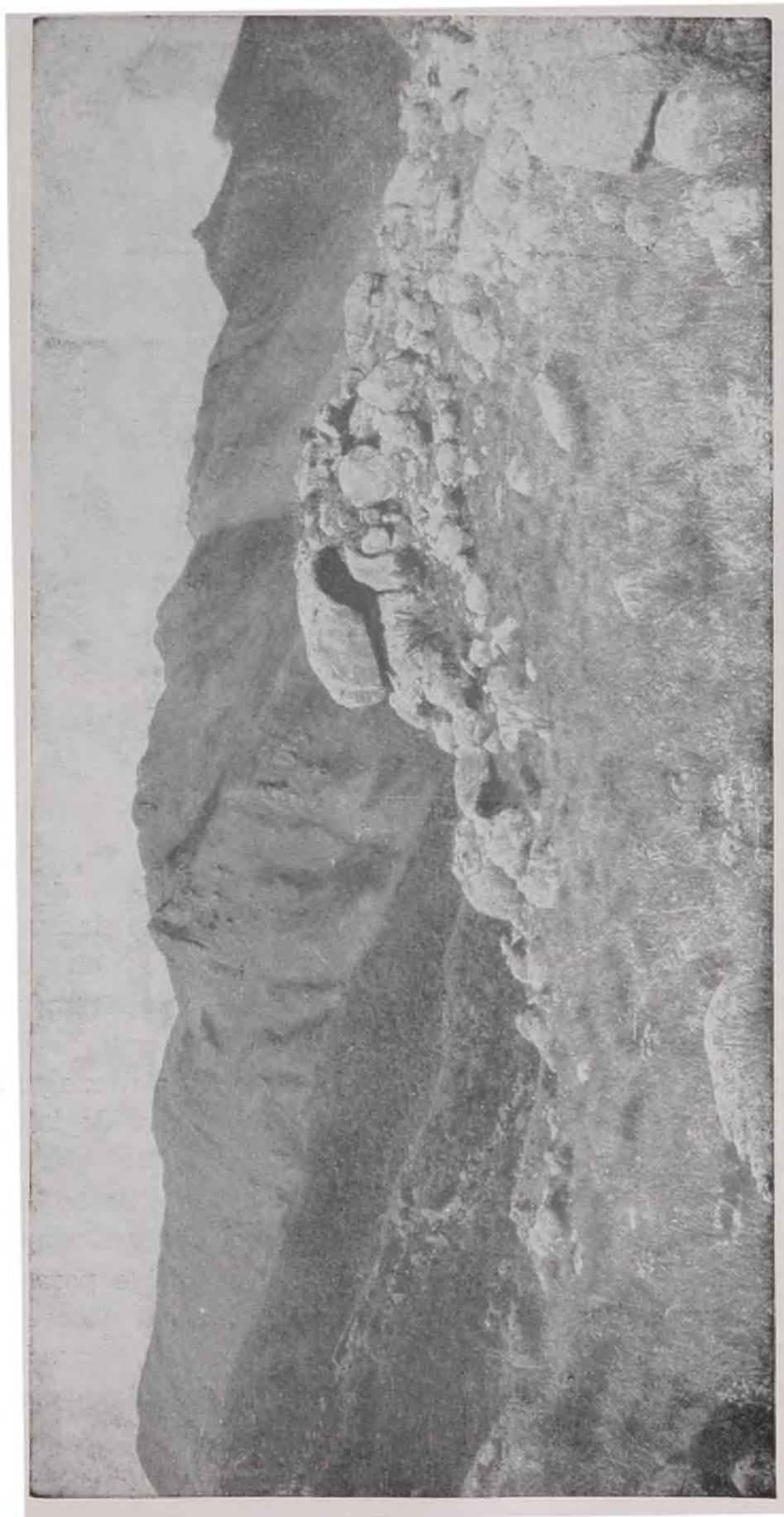


Fig. 6 — Fotografia tomada de um ponto a norte do abrigo Massena (pósto meteorológico): à esquerda, o pico do Marombas; ao centro o Leão, onde a grande estrutura anelar se bifurca, dando o espigão que vai aos picos dos Dois Irmãos (à direita).



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Na demarcação do contato da intrusão, executou-se um programa que aproveitou as melhores possibilidades de acesso, incluindo trilhas de caçadores e picadas ao longo de rios. O traçado do contato entre o gnaiss encaixante e a rocha magmática foi efetuado de um modo relativamente seguro na maior parte do contôrno. Inúmeras vêzes 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 vêzes avançado até quilômetros sôbre o gnaiss ajudam a mascarar os limites entre as rochas. E ainda, como decorrência das próprias condições genéticas, os contatos são linhas naturais de fraqueza, fáceis de serem trabalhadas pelas águas correntes, que nela entalham seus vales. As extrapolações maiores fizeram-se necessárias no setor leste, na região drenada pelos rios Marimbondo, Santo Antônio, Pirapitinga e ribeirão das Pedras, onde se destacam as elevações dos Três Picos e Dois Irmãos. A zona é coberta por mata densa, a topografia é acentuada e os rios são encachoeirados, com leito coalhado de blocos de todos os tamanhos. Algumas vêzes foram necessárias extrapolações de centenas de metros, tendo sido estas efetuadas na maioria dos casos na área do maciço de Passa Quatro.

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

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

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

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

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

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

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

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

VII — BRECHA MAGMÁTICA

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

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

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

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

Estão as brechas colocadas assimetricamente dentro do maciço, deslocadas para as proximidades da linha de contato do setor norte. Em dois pontos o contato com o gnaisse se faz pela brecha, de forma indubitável em um 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 variedade. No pequeno corpo leste a matriz é sempre escura, num tom cinza carregado, por vêzes mascarando os fragmentos, e com

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

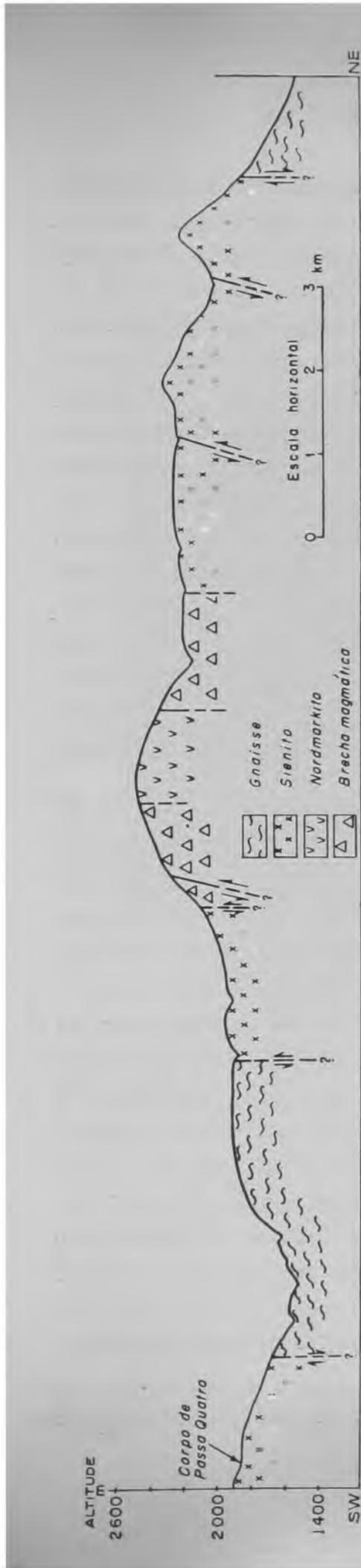


Fig. 9 — Seção SW-NE, indicada por G-H no mapa geológico anexo.

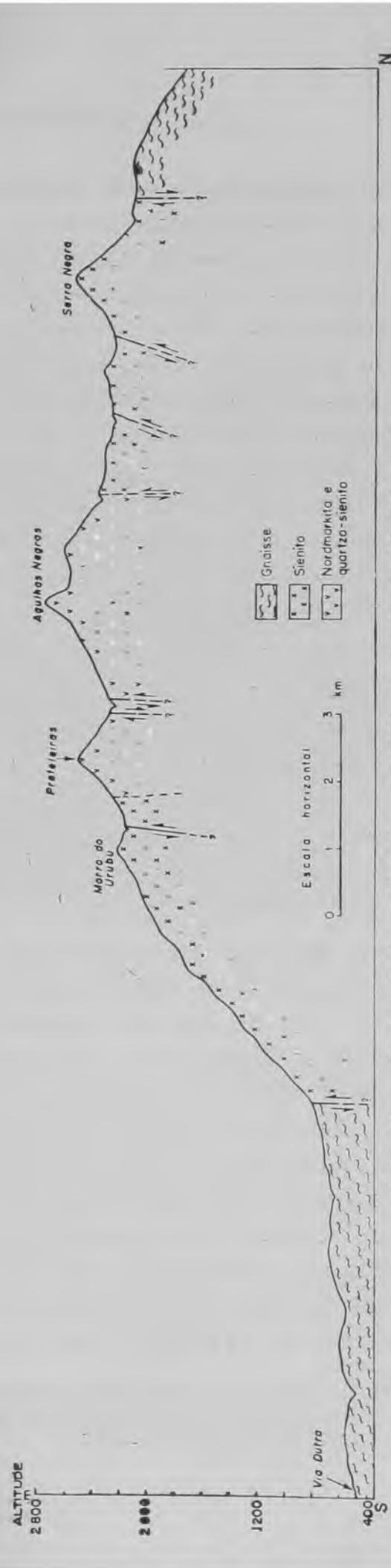


Fig. 10 — Seção N-S, indicada por C-D no mapa geológico anexo.

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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

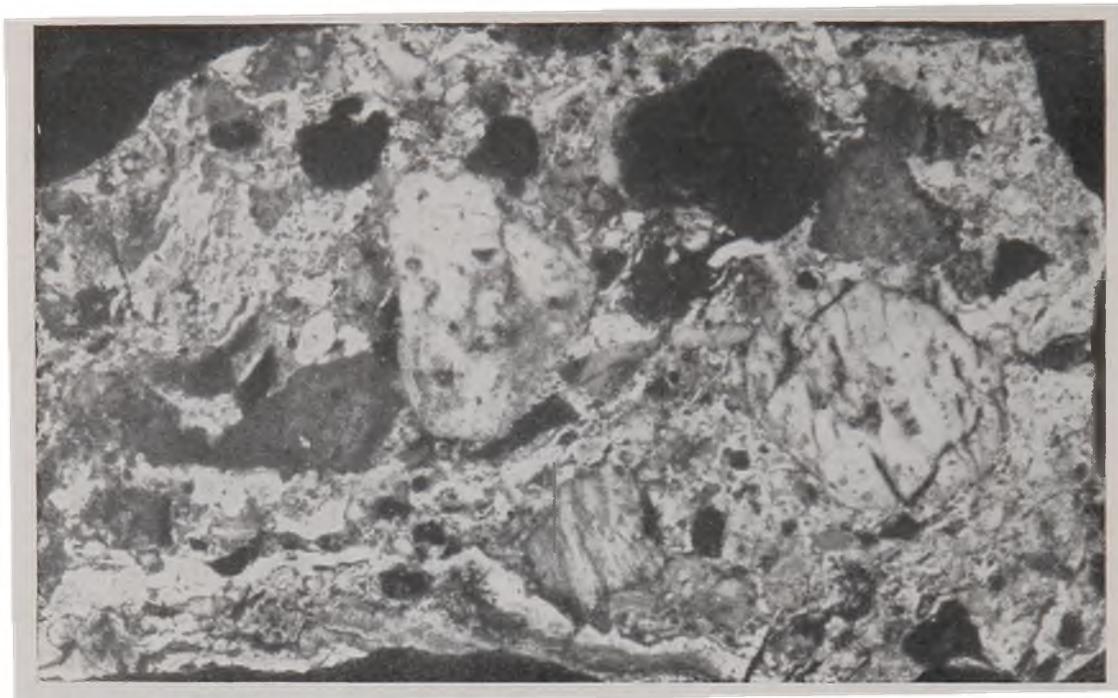


Fig. 13 — Amostra de brecha magmática exibindo fragmentos variados e matriz com estrutura fluidal (x 1.5).

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

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

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

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

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

VIII — FENÔMENOS MAGMÁTICOS E TECTÔNICOS NO CORPO DO ITATIAIA

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



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

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

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

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

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

TABELA N.º 1 — Falhas no Gnaisse

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

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

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

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

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

- a) pela maior pesquisa executada na área intrusiva;

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

TABELA N.º 2 — DIQUES ENCAIXADOS NO GNAISSE

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

solidificadas, permitindo a localização dos corpos tabulares.

TABELA N.º 3 — DIQUES ENCAIXADOS NAS ROCHAS ALCALINAS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Da decomposição dos diques localizados nas rochas alcalinas resulta geralmente um solo 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 de encaixante decomposta. Isto pode ser verificado entre os km 25 e 26 da rodovia Engenheiro Passos-Caxambu, nos trechos que recentemente sofreram limpeza nos barrancos dos cortes.

3. Xenólitos de Gnaiss na Periferia da Intrusão Alcalina

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

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

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

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

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

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

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



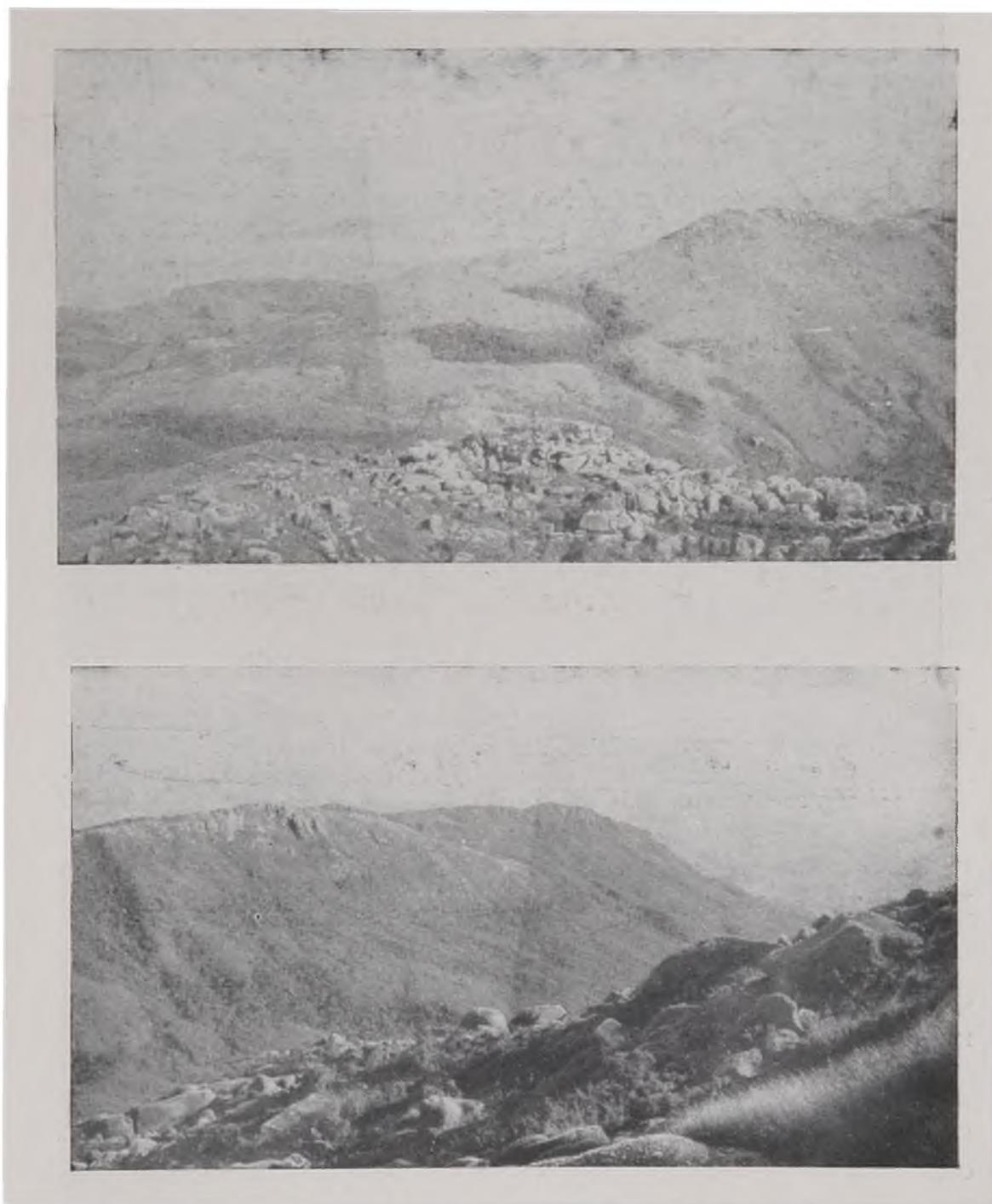
Fig. 16 — Serra Negra (fim do grande anel no setor W). Em primeiro plano, lagoas e soleira (a foto mira o norte).

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

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

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

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



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



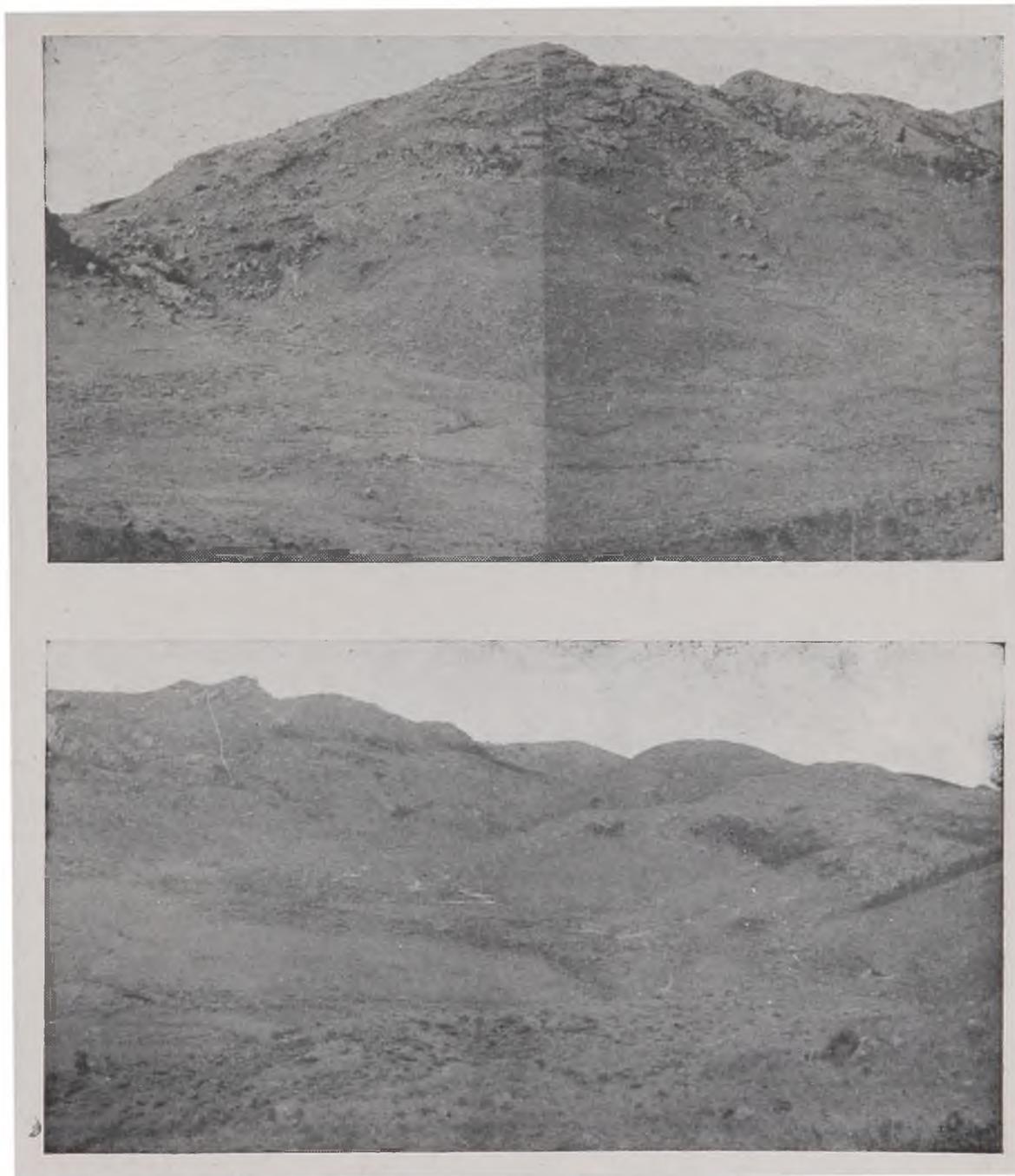
Fig. 19 — Várzea do rio Prêto vista do alto das Agulhas Negras (vide a ação de soleira das estruturas arqueadas). Ao fundo a estrutura anelar externa, cortada pelo rio Prêto ao deixar o planalto.

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

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

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

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



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

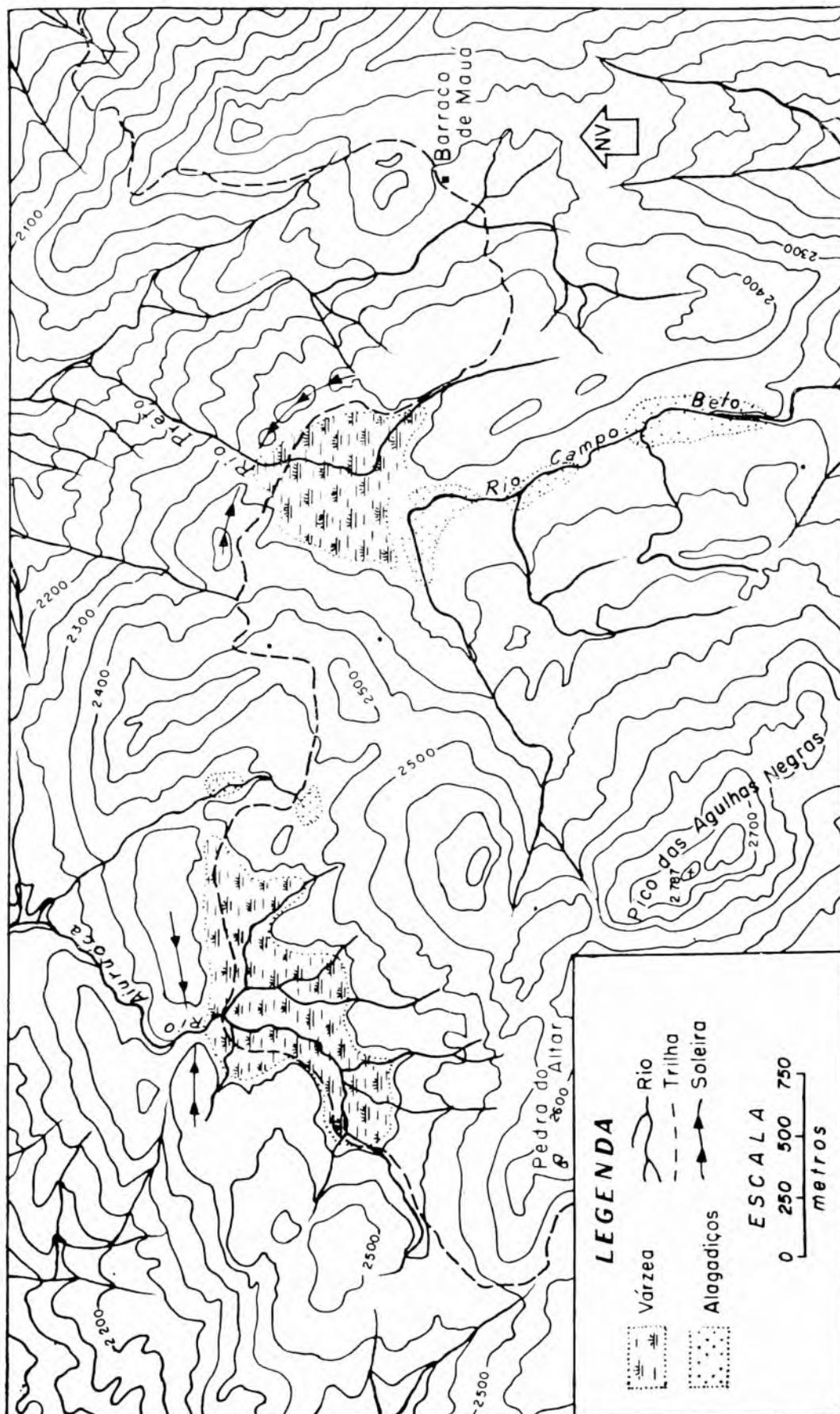


Fig. 21 — As várzeas dos rios Aiuruóca e Prêto, mostrando o efeito de soleira do relêvo anelar.



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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

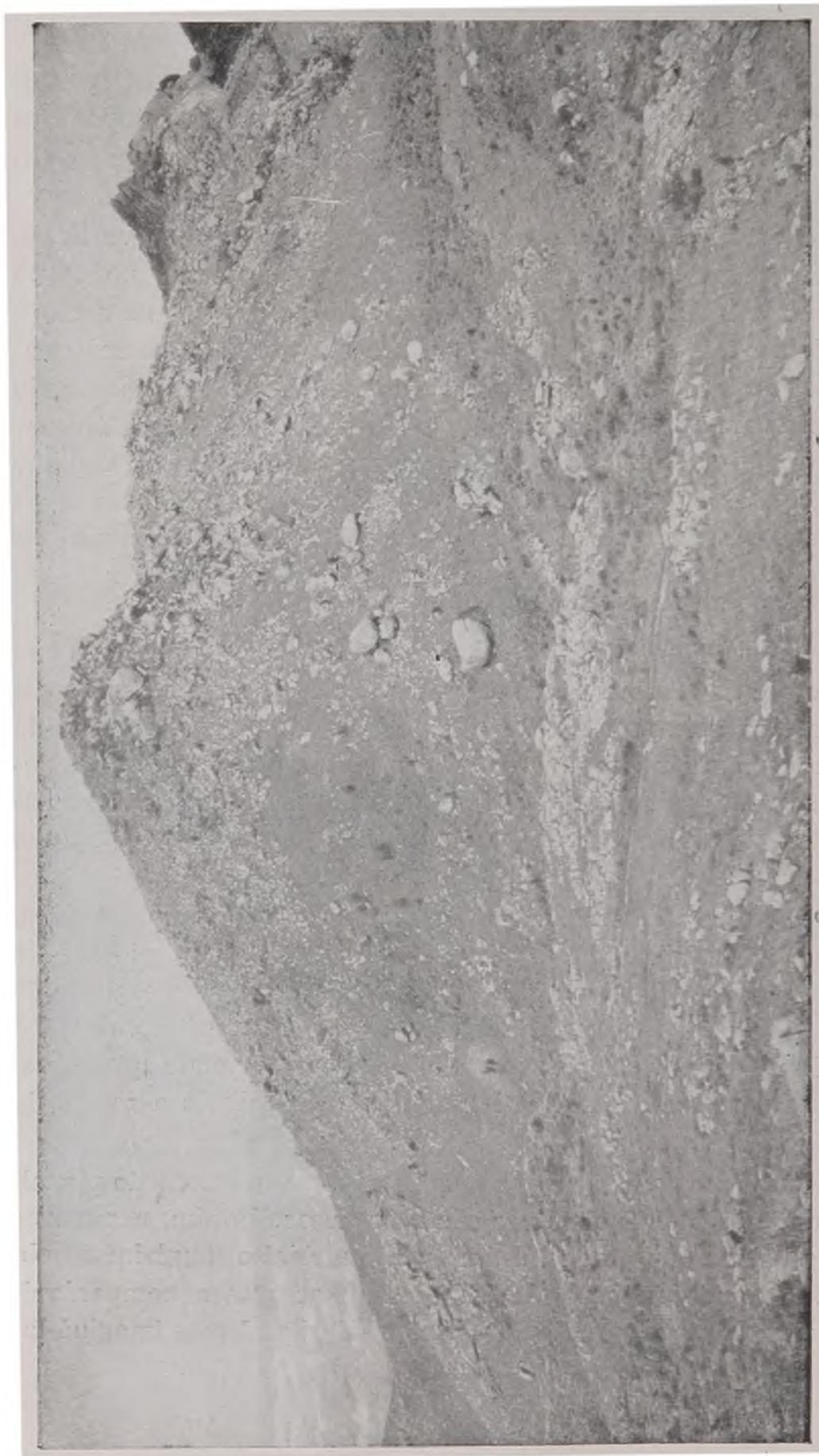


Fig. 24 — O “mar de blocos”, alguns meses após a passagem do fogo (vista tomada do posto meteorológico, no ru-
mo SW); as Prateleiras estão à direita e o abrigo Massena à esquerda.

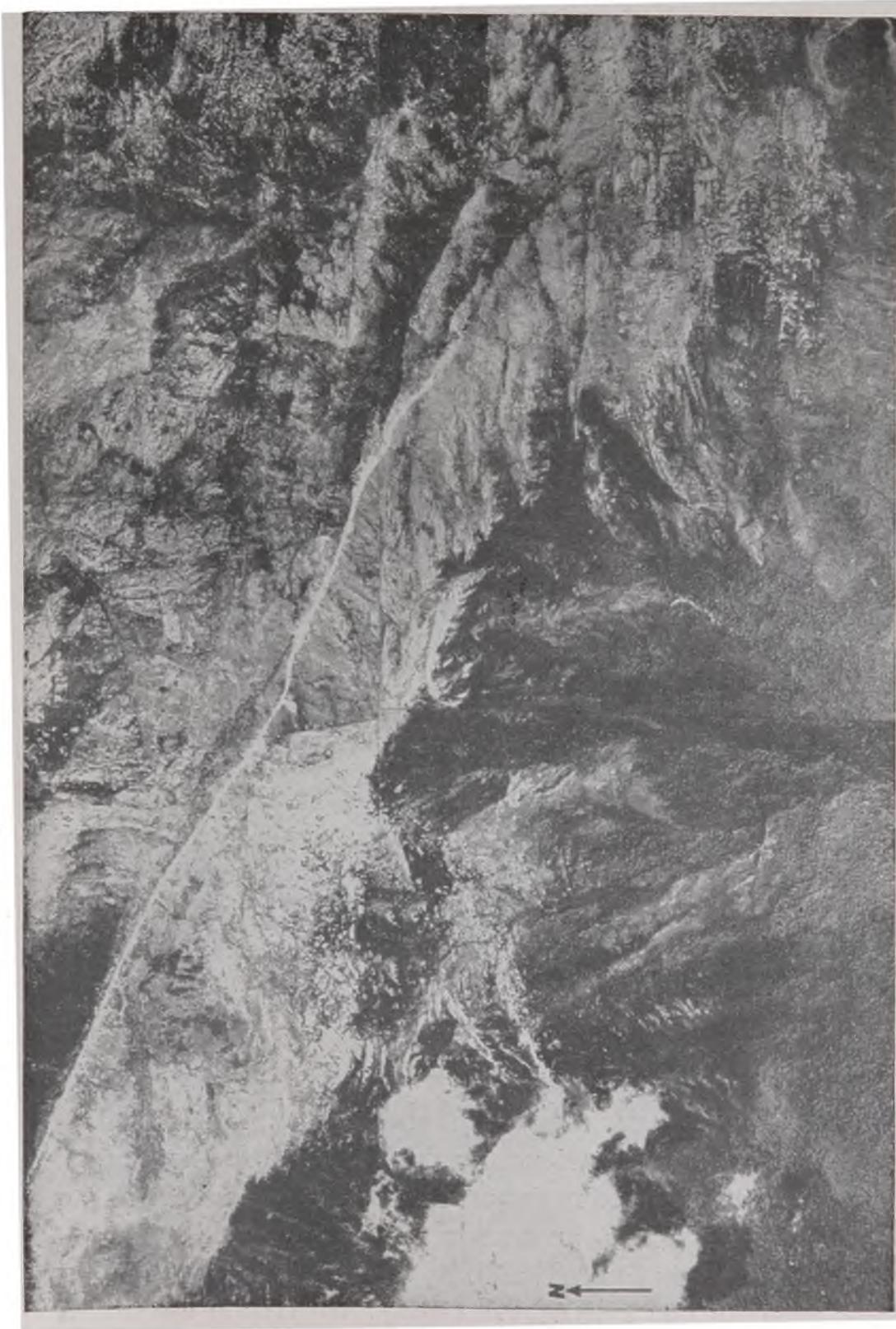


Fig. 25 — Escarpa Pedra do Couto-Prateleiras, em man tagem a partir de fotografias aéreas verticais. As Prateleiras estão no canto inferior direito; a estrada acompanha o vale dos Lirios. Escala aproximada de 1:45.000.



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

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

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

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

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

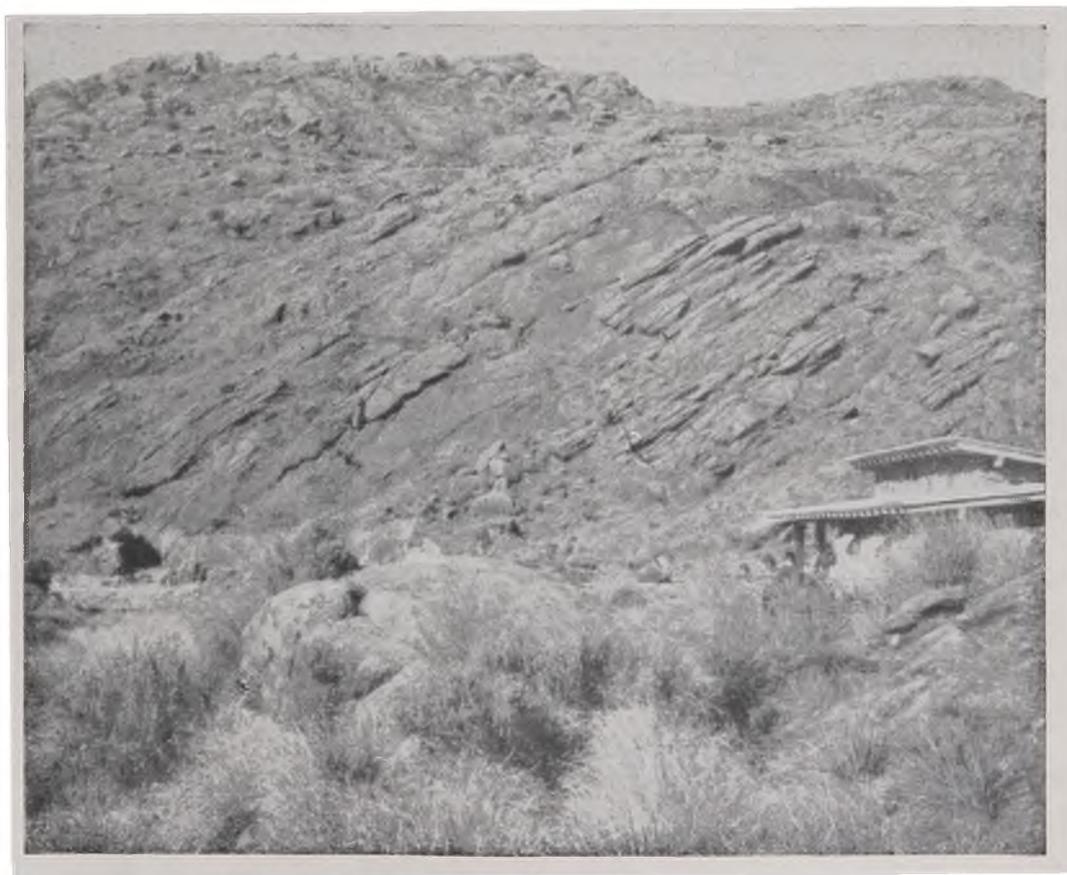


Fig. 27 — Sistema de diáclases N20E, 50°S, visto do abrigo Rebouças (à direita).

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

Esses 4 tipos de fraturamento deverão estar assim distribuídos:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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



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

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

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



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

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

IX — A TECTÔNICA REGIONAL E A GÊNESE DOS CORPOS ALCALINOS

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



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

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

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

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

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

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

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

ruptura do seu arcabouço rígido, nos pontos fracos preconiza-

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

X — CONSIDERAÇÕES SÔBRE ALGUMAS FASES DA HISTÓRIA DA INTRUSÃO

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

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

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

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

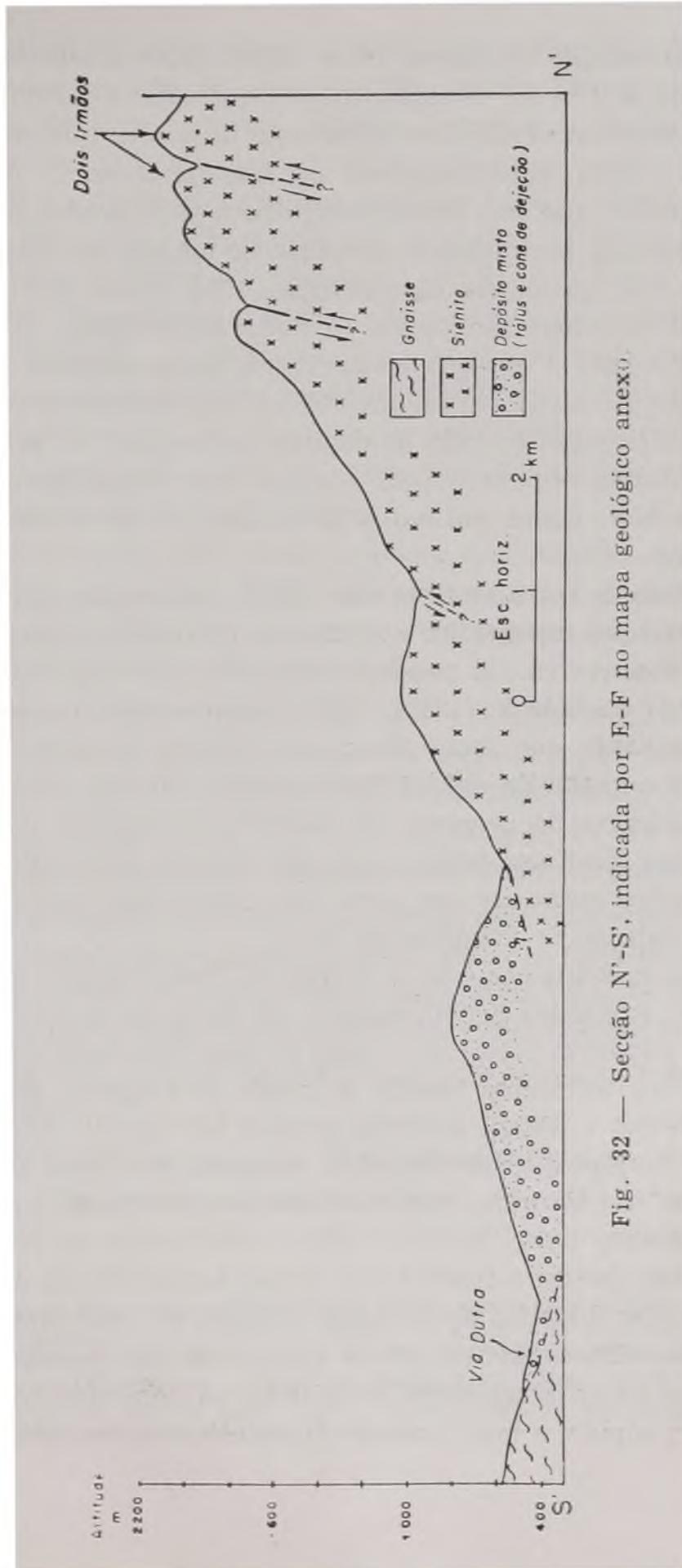


Fig. 32 — Secção N'-S', indicada por E-F no mapa geológico anexo.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Em primeiro lugar poderemos lembrar o trabalho da erosão, que teria agido sôbre os amplos sistemas de diaclasamentos e falhamentos. O 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. Não negamos que a erosão deve ter desempenhado importante papel na configuração morfológica do planalto. Mas é difícil imaginar que os fenômenos erosivos pudessem dar origem a um divisor rebaixado dentro de u'a muralha arqueada, quase contínua por 270°. O mais lógico seria esperar que a erosão originasse um divisor escarpado, entalhado por várias correntes dispersadas por um divisor saliente na topografia, como acontece com o corpo de Passa-Quatro (vide fig. 4)

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

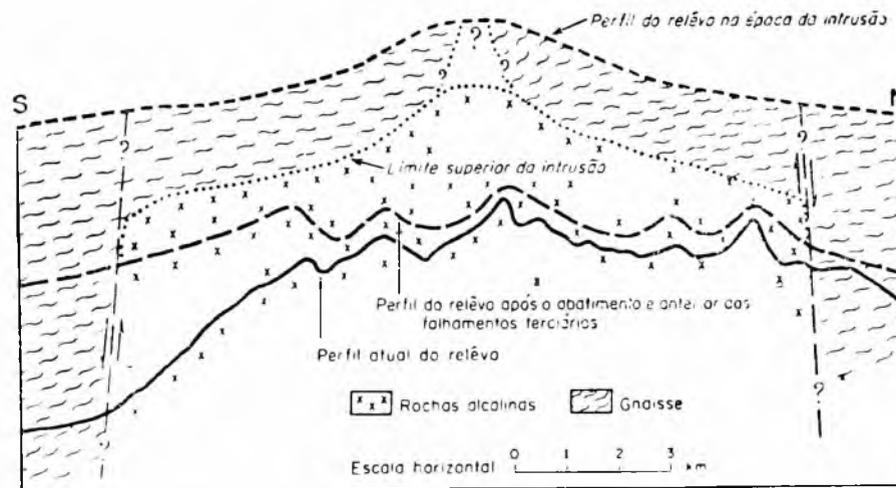
Ou então o teto da intrusão sofreu um colapso, quando já se aproximava o final da consolidação, graças à perda de sustentação e falhamento circulares. É grande o número de corpos alcalinos citados na literatura geológica que mostra fenômenos de abatimento do tôpo da intrusão (CHAPMAN e CHA-

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

XI — A TECTÔNICA E A MORFOLOGIA DO PLANALTO

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

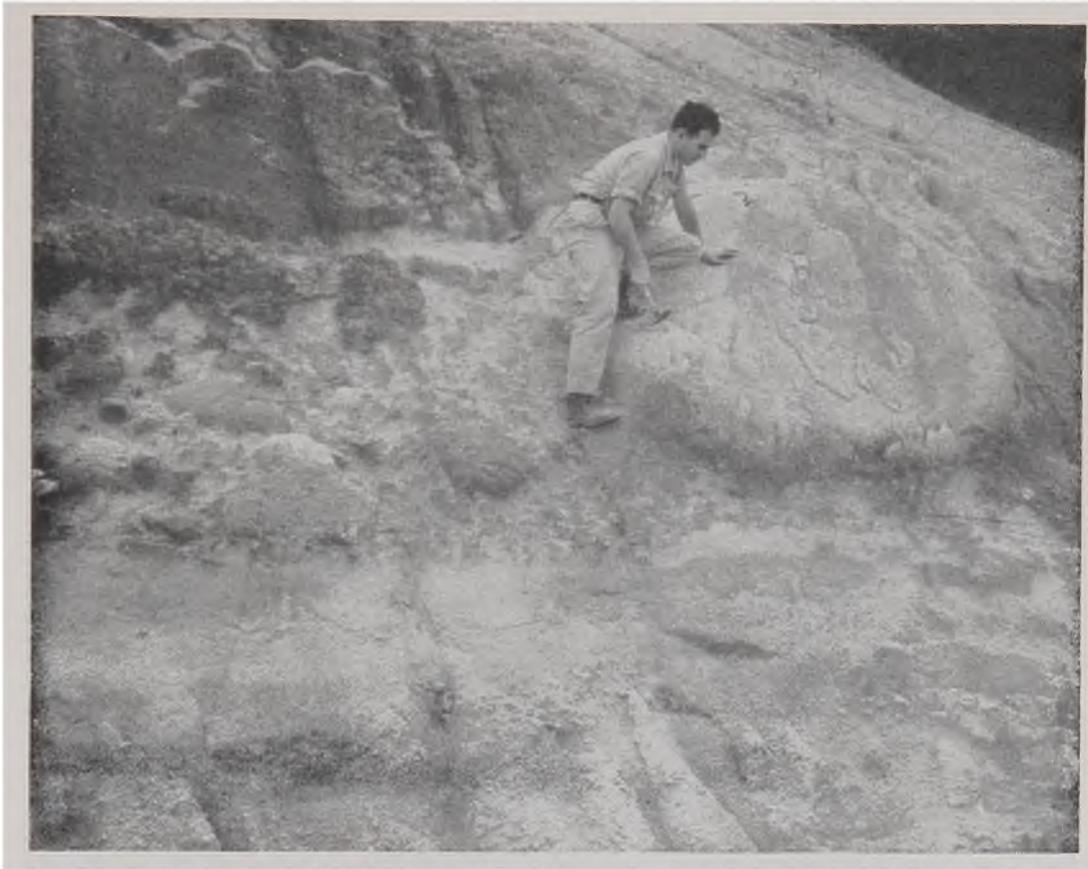


Fig. 34 — O depósito de “tálus” a norte do Country Club: estratificação parcial, blocos e decomposição esferoidal.



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

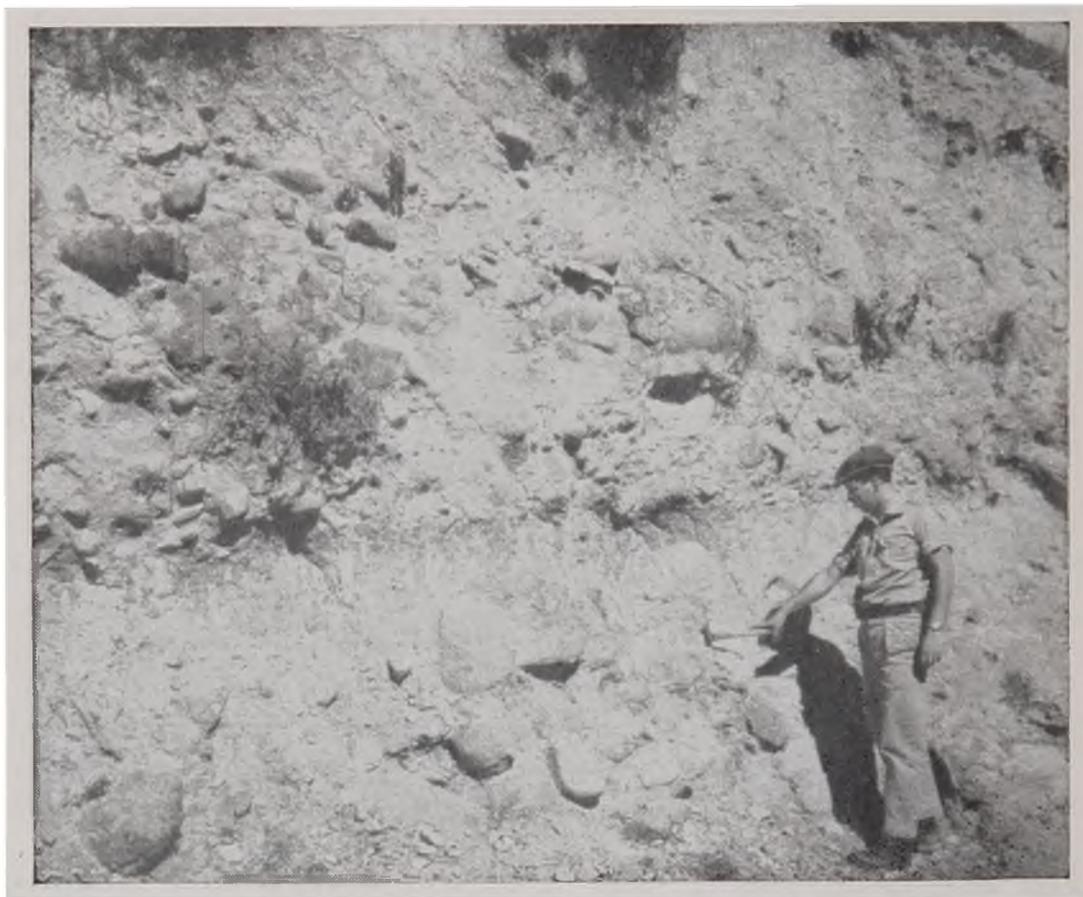


Fig. 36 — Afloramento de “tálus” no barranco de estrada a norte do Country Club, mostrando a grande variedade de blocos.

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

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

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

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

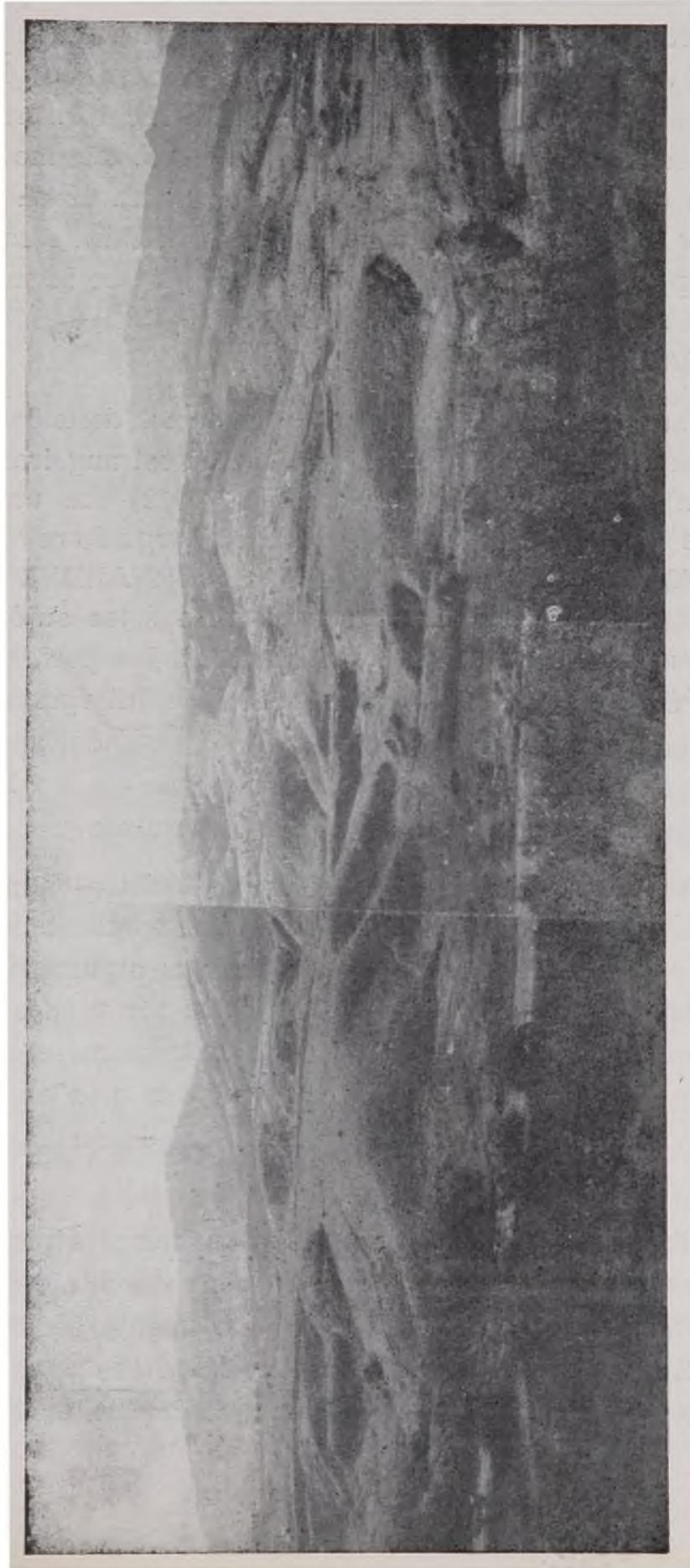


Fig. 37 — Vista do depósito de “tálus” tomada a sul do km 158 da Via Dutra (SW do Country Club); a erosão entalha ativamente o depósito. Em primeiro plano no a Via Dutra; ao fundo o maciço do Itatiaia.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

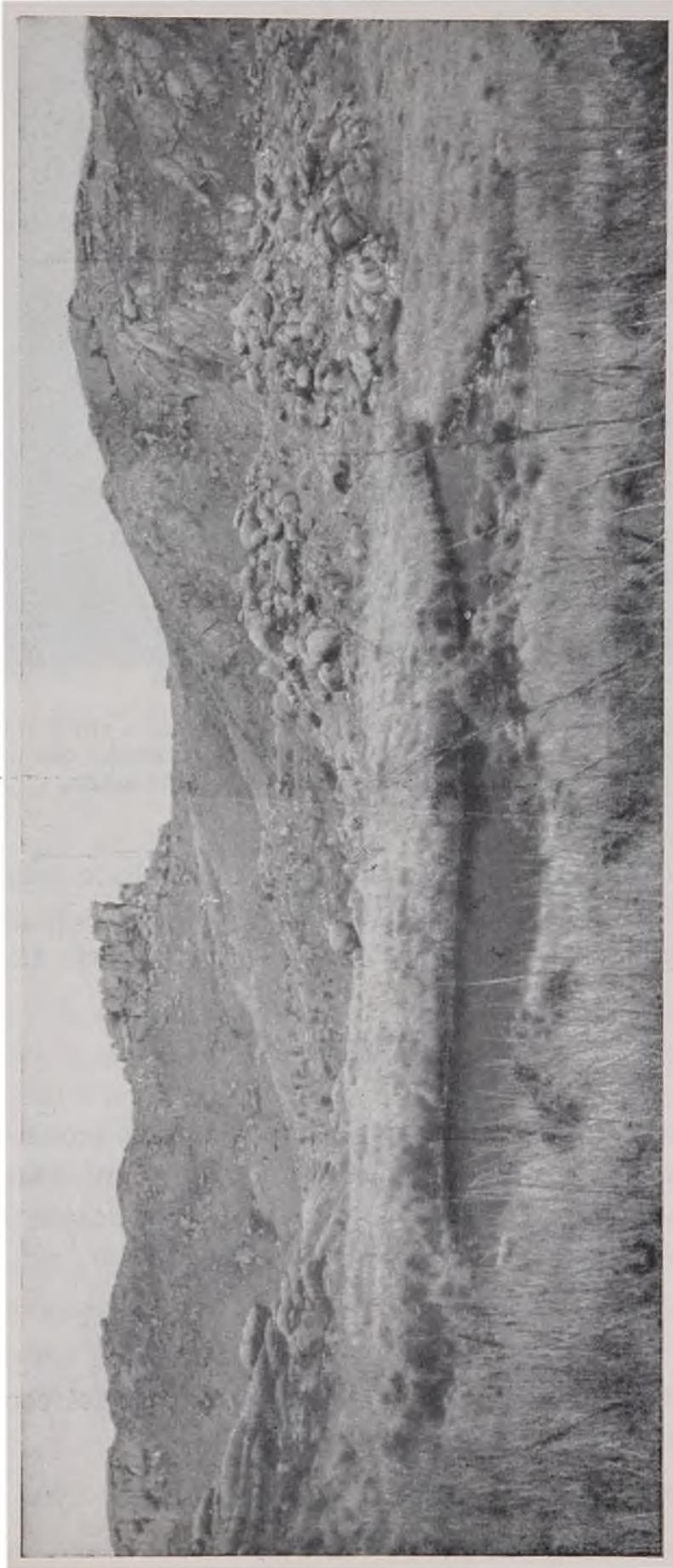


Fig. 38 — Lagoa Bonita (uma das 4 lagoas do conjunto). Destaca-se o papel da vegetação (**Cortaderia**) e das rochas diaclasadas na formação da mesma. Ao fundo, as Prateleiras.



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

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

XII — CONCLUSÕES

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

XIII — BIBLIOGRAFIA

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

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

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

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



Impresso na Secção Gráfica da Faculdade de Filosofia, Ciências e
Letras da Universidade de São Paulo em 1967