FFCLUSP

FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

BOLETIM No - 264
GEOLOGIA No - 19
SÃO PAULO (BRASIL)
1962

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
BIBLIOTECA
10015
U.S.P.

ATIVIDADES MAGMÁTICAS NA REGIÃO DE CAÇAPAVA - LAVRAS ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

HENRY MAU

Instituto de Geociências
BIBLIOTECA
10015
USF

HENRY MAU

ATIVIDADES MAGMÁTICAS NA REGIÃO DE CAÇAPAVA – LAVRAS, ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

ABSTRACT

General Geology — Graywackes, tuffaceous sandstones, shales and andesites of the Maricá series (Upper Precambrian) overlie ancient crystalline rocks which are Lower-Middle Precambrian.

After the deposition of the Maricá series, a thick pile of lava flows and pyroclastic rocks, called the volcanic sequence was emplaced. This volcanic sequence consists of a lower andesitic formation (lavas, tuffs, volcanic conglomerates) and an upper, rhyolitic formation (lavas, ignimbrites and tuffs)

The Lavras granite intrudes both the Maricá series and the volcanic sequence. The Caçapava granite intrudes rocks that are tentatively correlated with the Maricá series. A sample of the Caçapava granite gave an absolute age of 506 million years.

Clastic sediments, especially sandstone and conglomerate, of the Camaquã series (Upper Cambrian?) were deposited on top of the volcanic sequence There are some outcrops of the Tubarão series (Permo-Carboniferous) and these rocks are separated by an unconformity from older rocks.

Ignimbrites of acid composition occur in the rhyolitic formation of the volcanic sequence. These ignimbrites have a low specific gravity, display prominent columnar jointing and contain a large number of xenoliths and flattened, lens-shaped pumice fragments. In thin section, the clastic nature of the groundmass is apparent, as well as devitrified glass shards welded, partially or completely, to each other and to included crystals.

The ignimbrites now cover about 285 sq. km., but their original extent was probably more than 2000 sq. km. Their thickness in observed sections varies from 15 to 100 meters. Assuming an average thickness of 40 meters, the volume of the preserved ignimbrites would be more than 11 cu. km. and originally would have been about 80 cu. km

There is evidence of an upward gradation from ignimbrite to tuff, as furnished by a decrease, upward, in the perfection of welding of glass shards, as well as a decrease in specific gravity and degree of recrystallization. Ten ignimbrite sections were described and correlated.

Acid lavas and tuffs of the same age or older than the Maricá series occur, as shown by pebbles found in conglomerates of that series. Acid volcanism was also very intense toward the end of the

deposition of the volcanic sequence. These lavas show the following textures: cryptocrystalline, sacharoid, micropoecilitic, granophyric, spherulitic and banded. According to composition, the lavas are rhyolites and keratophyres. The tuffs and breccias are most often vitric or lithic, and frequently show vitroclastic texture. By far the most abundant component of pyroclastic rocks is pumice, followed by andesite.

In three localities, ignimbrites were observed grading into rhyolites. At one place, flow layers of a banded rhyolite grade upward into fused lenses which resemble intricate folds in a recrystallized ignimbrite. Other banded rhyolites show bands composed of many threadlike devitrified glass shards. Finally, some rhyolites with a low specific gravity contained rock fragments and shale lenses similar to those in a neighbouring ignimbrite. In some cases it may be postulated that the so-called flow texture in many acid lavas is a recrystallization feature rather than a result of viscous and turbulent flow of a lava. The banded and fluidal appearance results from the merging of the shards and lenses of an originally clastic rock.

Andesites and derived rocks — sediments and metamorphics-andesites, often intermediary to basalts, are found as flows in the Maricá series, in the andesitic formation of the volcanic sequence and intercalated in sediments near the base of the Camaquã series. Andesitic pebbles and grains are found in graywackes, tuffaceous sandstones and volcanic conglomerates of the Maricá series and the andesitic formation. Chlorite-schists and amphibolites sometimes show relict structures indicating that they are derived from ancient andesitic or basaltic lavas, which possibly may be correlated with the Maricá series.

The following textures were observed in lavas: pilotaxitic, trachytic, intersertal, subophitic, ophitic and intergranular Propylitic alteration is widespread and intensive, possibly due to the granite intrusions in the area.

Granite — forms two stocks in the mapped area. The Caçapava granite is cataclastic and is foliated parallel to the schistosity of the country rock. Its contacts are not sharp. According to field observations, it could either be an intrusive or a transformation granite.

The Lavras granite is a stock with sharp contacts, and without any noticeable disturbances or internal structural features.

The Geologic Setting — The sediments of the Maricá series were probably deposited in deep water by turbidity currents. The basin of sedimentation, which may be classified as a geosyncline (intracratonic?) was filled with large quantities of clastic sediments. There was an initial volcanic phase characterized by the presence of ophiolites, andesites, olivine basalts and serpentinites. A diastrophic phase folded the sediments and volcanic rocks causing the emplacement

at depth of the Caçapava granite (syntectonic?) and producing zones of low to medium metamorphic grade around the granite. After the period of folding came an important subsequent volcanism with intermediary and acid products, and the intrusion of the Lavras granite (post-tectonic?)

The correlation of the described rocks with adjacent areas is difficult. The Maricá series and the volcanic sequence might be correlated with the Aiguá (now called Lascano) series of Uruguay On the other hand, the volcanic sequence and the Camaquã series might correspond to the Itajaí series and to the Pre-Devonian rhyolites of states Paraná and Santa Catarina.

SUMÁRIO

Geologia geral. — Sôbre um embasamento cristalino antigo (Pré-Cambriano inferior-médio?) repousam grauvacas, arenitos tufosos e folhelhos da série Maricá (Pré-Cambriano superior?) que também inclui andesitos e riólitos.

Seguiu-se o derrame de espêsso pacote de lavas e rochas piroclásticas designado *seqüência vulcânica* (pré-cambriana superior ou cambriana inferior?) Compreende uma formação andesítica na base, constituída por lavas, tufos e conglomerados vulcânicos e uma formação riolítica no tôpo, com lavas, ignimbritos e tufos.

O granito de Lavras é intrusivo na série Maricá e na seqüência vulcânica. O granito Caçapava é intrusivo em rochas metamórficas tentativamente correlacionadas com a série Maricá. Uma amostra dêste último deu uma idade de 506 milhões de anos.

A seqüência vulcânica foi recoberta por sedimentos clásticos, especialmente arenitos e conglomerados da série Camaquã (cambriana superior?) Em alguns pontos, separada das rochas mais antigas por discordância angular, aflora a série Tubarão (permo-carbonífera)

Ignimbritos riolíticos ocorrem na formação riolítica da seqüência vulcânica. Apresentam pêso específico geralmente baixo, diaclasamento colunar proeminente, riqueza em fragmentos estranhos e lentes achatadas pumíceas. Ao microscópio, nota-se a natureza clástica de tôda a massa da rocha, estando os fragmentos de vidro, hoje devitrificado, mais ou menos soldados uns aos outros e aos cristais inclusos.

Os ignimbritos ocupam hoje uma área de cêrca de 285 km², sendo provável que sua extensão original tivesse ultrapassado os 2000 km² A espessura dos ignimbritos nas secções observadas varia entre 15 e 100 m. Tomando uma média de 40 m, o volume dos ignimbritos remanescentes seria superior a 11 km3, tendo sido originalmente ao redor de 80 km3.

Em vários casos, pôde-se observar a diminuição, de baixo para cima na secção, do grau de soldamento e recristalização, e da densidade das rochas, que podem passar a tufos. Dez secções de ignimbritos puderam ser descritas e correlacionadas.

Lavas e tufos ácidos — Encontram-se já anteriormente ou contemporâneamente à série Maricá, conforme atestam seixos encontrados nos conglomerados dessa série. Outrossim, o vulcanismo ácido foi muito intenso na parte terminal da deposição da seqüência vulcânica. Entre as lavas foram encontradas as seguintes texturas: criptocristalina, sacaroide, micropecilítiça, granofírica, esferulítica e em faixas. Quanto à composição, puderam ser reconhecidos riólitos e queratófiros.

Entre os tufos e brechas piroclásticos, os tipos vítreo e lítico são os mais comuns, freqüentemente exibindo textura vitroclástica. O constituinte mais importante das rochas piroclásticas é a pedra-pomes, seguida por andesito e outras rochas.

Transições de ignimbritos para riólitos — Foram observadas em pelo menos três pontos. Em uma localidade, as bandas "fluidais" de um riólito fitado passam, subindo-se na secção, para lentículas coalescidas com aspecto intrincadamente dobrado, parecendo ignimbritos recristalizados. Outros riólitos em faixas apresentam bandas localmente constituídas pela junção de numerosos fragmentos de vidro filiformes. Finalmente, observaram-se riólitos de baixa densidade, com seixos estranhos e lentes de folhelhos, junto a ignimbritos com lentes e seixos semelhantes.

Em pelo menos alguns casos, podemos afirmar que a textura chamada fluidal de muitas lavas ácidas é uma feição de recristalização, não tendo sido impressa portanto, pelo fluxo viscoso, mais ou menos turbilhonar, de uma lava. O aspecto "fluidal" resultaria da coalescência de lentículas e fragmentos de vidro de uma rocha originalmente clástica.

Andesito e rochas derivadas: sedimentos e metamórficas-Andesitos, de composição freqüentemente intermediária para basaltos, encontram-se tanto em derrames dentro da série Maricá e na formação andesítica da seqüência vulcânica, como em seixos e grãos nos conglomerados, grauvacas e arenitos tufosos dessas unidades. Aparecem ainda intercalados nos sedimentos da base da série Camaquã. Clorita-xistos e anfibolitos apresentam ocasionalmente estruturas palimpsésticas que mostram tratar-se de andesitos ou basaltos antigos, correlacionáveis, possìvelmente, com a série Maricá.

Entre as lavas foram encontradas as seguintes texturas: pilotaxítica, traquítica, intersertal, subofítica, ofítica e intergranular Nota-se uma alteração propilítica intensiva, talvez por efeito das intrusões graníticas da região, na maioria das lavas observadas.

Granitos — Formam dois "stocks" na área examinada. O granito de Caçapava é cataclástico e apresenta uma foliação orientada de acôrdo com a xistosidade das rochas encaixantes, constituindo um dômo. Seus contactos não são nítidos. Poder-se-ia tratar, segundo as observações de campo, seja de um granito intrusivo, seja de um produto de transformação.

O granito de Lavras forma um "stock" de contactos nítidos e sem movimentação, destituído de estrutura interna.

Sinopse geológica — Os sedimentos da série Maricá parecem ter sido depositados em água profunda por correntes de turvação. A bacia de sedimentação de tipo geossinclinal (intracratônico?) teria sido preenchida por grandes espessuras de sedimentos clásticos. Deu-se uma fase vulcânica inicial (ofiólitos), compreendendo andesitos, olivina-basaltos e serpentinitos. Uma fase de diastrofismo dobrou os sedimentos e vulcanitos, provocando o alojamento, em profundidade, do granito Caçapava (sintectônico?) e zonas de metamorfismo baixo e médio ao redor Após o dobramento deu-se o importante vulcanismo subseqüente, com produtos intermediários e ácidos, bem como a intrusão do granito Lavras (pós-tectônico?)

A correlação das rochas estudadas com regiões adjacentes é difícil. A série Maricá e a seqüência vulcânica poderiam ser correlacionadas com a série Aiguá (Lascano de Caorsi-Goñi) A seqüência vulcânica e a série Camaquã poderiam corresponder, por outro lado, à série Itajaí e aos riólitos pré-devonianos do Paraná e de Santa Catarina.

I — INTRODUÇÃO

Atividades vulcânicas muito importantes, seguidas de intrusões graníticas, atingiram uma área de talvez 8.000 km² no centro-sul do estado do Rio Grande do Sul, durante um longo tempo geológico. Estas atividades não encontram paralelos no país na variedade dos produtos de erupção

Durante cêrca de oito meses, entre os anos de 1958 e 1960, um grupo de geólogos do Departamento Nacional da Produção Mineral e do United States Geological Survey (êstes sob os auspícios do Ponto IV International Cooperation Administration) fêz um mapa de reconhecimento de uma área de cêrca de 3.600 km² O autor participou dos trabalhos na qualidade de geólogo contratado pelo D. N. P M.

Uma grande quantidade de dados geológicos utilizados no presente estudo, bem como a maior parte do mapa geológico anexo (fig. 2) resultam do trabalho dêste grupo e, em especial, do eng. Geraldo C. Melcher e do geólogo Robert F Johnson.

O autor propõe-se a descrever os ignimbritos, lavas e tufos riolíticos, as lavas e tufos andesíticos e os granitos da região. Esta descrição é apresentada em caráter de reconhecimento, da mesma forma como os dados geológicos em que ela se baseia.

Trabalhos anteriores — Desde os primeiros estudos na região, houve consideráveis modificações nas concepções estratigráficas. Deve-se a Paulino F. de Carvalho (1932) a primeira descrição publicada da geologia da região de Caçapava-Lavras. Anteriormente vários autores já haviam feito observações geológicas, aliás, geralmente limitadas às jazidas de cobre e ouro.

Carvalho estabeleceu a sucessão de arqueano, algonquiano, andesitos e sedimentos (série Camaquã) Reconheceu discordância entre essas rochas e a série Tubarão.

Seguiu-se o importante trabalho de Leinz e Barbosa (1941) que apresentaram um mapa geológico na escala de 1:200.000 e uma descrição mais pormenorizada. Ao contrário do trabalho de Carvalho acima citado, êsses autores limitaram seu estudo à região de Caçapava-Lavras. Criaram a série Maricá e reconheceram a significação de vulcanismo ácido (já mencionado, aliás, por Leinz (1939, p. 206). A sucessão estratigráfica de Leinz e Barbosa compreende: arqueano, algonquiano, incluindo a maioria das rochas xistosas ao redor e a noroeste do "stock" granítico de Caçapava, bem como os xistos a oeste e sul de Lavras; formação Maricá, vulcanismo riolítico, série Camaquã, vulcanismo andesítico, mineralização de cobre e ouro e, após hiato, a série Tubarão. Uma formação local, o conglomerado Seival, seria posterior à mineralização, mas de idade desconhecida.

Estão em fase final de preparação dois trabalhos compreendendo a contribuição do grupo de geólogos do D. N. P. M. e U. S. G. S. ao conhecimento da geologia e recursos minerais da região de Caçapava-Lavras. Um resumo dos novos conhecimentos geológicos adquiridos na região foi dado por Melcher e Mau (1960) A tabela 1 compara as diversas concepções estratigráficas citadas acima.

Agradecimentos — O autor agradece ao Dr. Irnack C. do Amaral, Diretor da Divisão de Fomento do D. N. P. M., cuja cooperação permitiu êste estudo; ao Dr. Geraldo C. Melcher, do D. N. P M. e da Universidade de São Paulo, que nos iniciou na geologia da região; ao Dr. J. Moacyr V Coutinho, da Universidade de São Paulo, pelo generoso auxílio na parte petrográfica; ao Dr. Clarence S. Ross, do U. S. Geological Survey em Washington, pela remessa de valiosas fotomicrografias de ignimbritos comentadas por êle.

O autor agradece de modo particular ao Prof. Dr. Viktor Leinz, Diretor do Departamento de Geologia e Paleontologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, a orientação e o estímulo recebidos.

II — GEOLOGIA GERAL

Daremos aqui um apanhado das principais unidades geológicas da região, segundo os estudos efetuados pelo grupo de geólogos do D. N. P. M. e do U. S. G. S.

O embasamento da região é constituído por rochas ígneas e metamórficas incluindo granitos, gnaisses, bem como espêssas sucessões de quartzitos, mármores e xistos, etc. Tais rochas ocorrem a noroeste do mapa, em direção a São Gabriel, a sudoeste em direção a Bagé e a leste, em direção a Encruzilhada (fig. 1) Parte dessas rochas talvez constitua a série Porongos, considerada algonquiana. Nas presentes considerações não nos ocuparemos especialmente do embasamento antigo.

Sôbre os gnaisses e xistos antigos encontramos a série Maricá compreendendo grauvacas, folhelhos e conglomerados ricos em detritos vulcânicos, bem como lavas andesíticas e riolíticas. Apresenta uma espessura de muitas centenas de metros e acha-se bastante dobrada. Certas rochas metamórficas parecem corresponder à série Maricá.

Seguiu-se uma época de intenso vulcanismo do qual resultaram extensos depósitos andesíticos na base e riolíticos no tôpo. Constituem a chamada seqüência vulcânica com uma espessura ao redor de 300 m na serra de Santa Bárbara e que parece aumentar à medida que se caminha para o sul. Compreende a formação andesítica na base, constituída de lavas, rochas piroclásticas e conglomerados vulcânicos e a formação riolítica, constituída de ignimbritos, tufos e lavas riolíticas.

Uma intensa fase de diastrofismo dobrou a série Maricá, metamorfozeando-a parcialmente. Deu-se a colocação em anticlinórios dos granitos de Caçapava e Lavras. O primeiro é intrusivo em rochas metamórficas e o segundo corta a série Maricá e a formação andesítica da seqüência vulcânica.

Discordantemente sôbre as rochas mais velhas acha-se a série Camaquã constituída de siltitos, arenitos e conglomerados, cuja espessura chega a alcançar 2.700 m. Intercalados em sedimentos da base da série, encontram-se tufos e lavas andesíticas com espessuras de algumas dezenas de metros, no máximo.

Após a deposição da série Camaquã houve ainda uma fase de dobramento de intensidade moderada, acompanhada por falhamentos em bloco (fig. 3)

A região de Caçapava-Lavras apresenta numerosas ocorrências de cobre e ouro, havendo duas minas em operação, ambas para cobre: Camaquã e Seival. A origem da mineralização não está clara, mas parece relacionar-se às intrusões graníticas da região.

A idade absoluta do granito Caçapava foi determinada como 506 milhões de anos, com o emprêgo do método do potássio-argônio, na biotita do granito. O trabalho foi executado nos laboratórios do

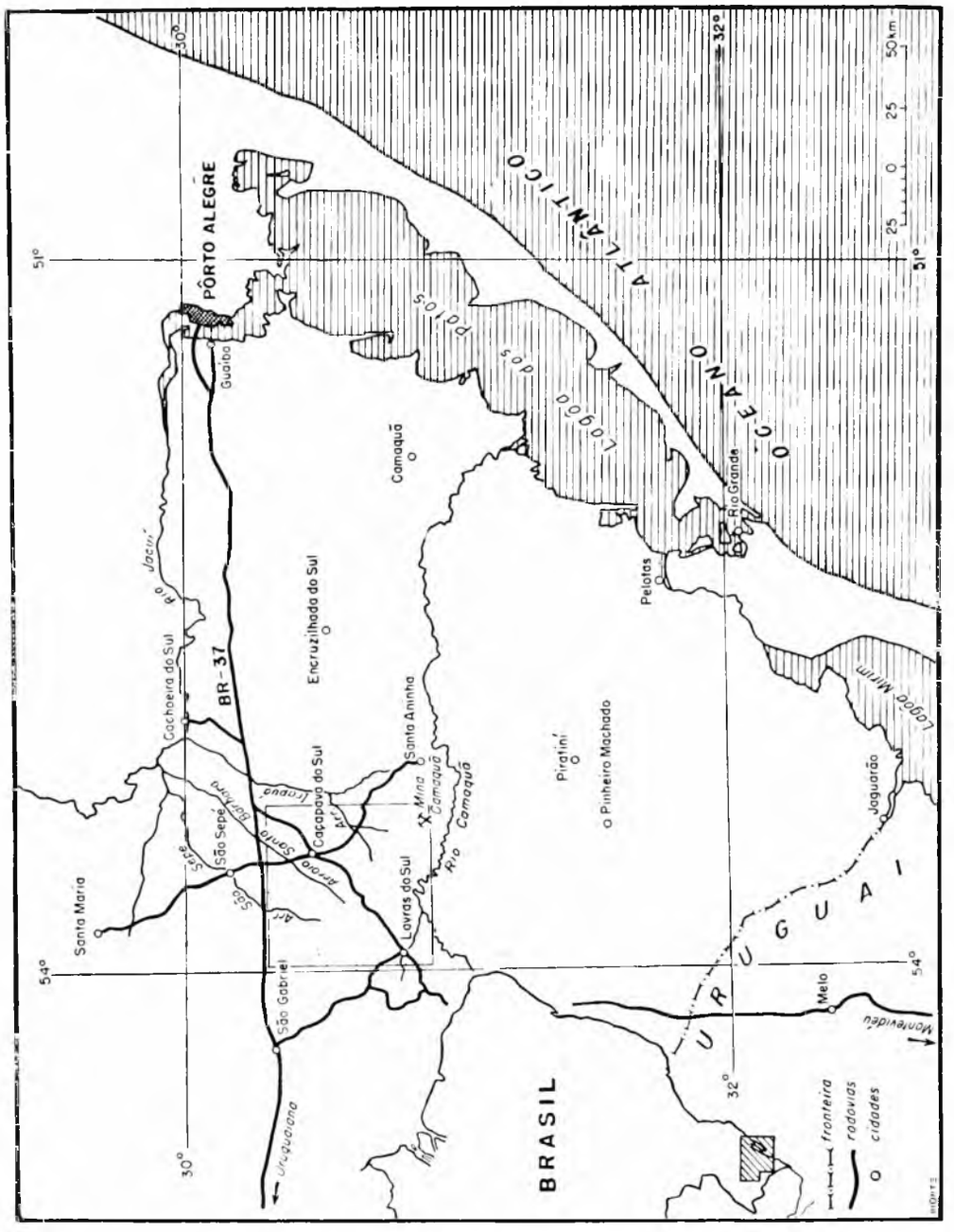

Fig. 1 — Mapa de localização da área.

Massachussetts Institute of Technology, em Cambridge, Mass., Estados Unidos (R. F Johnson, informação escrita)

A tendência atual parece ser a de aumentar a duração das eras geológicas a partir do Paleozóico. Segundo dados recentes de Kulp, o comêço do Cambriano e, conseqüentemente, do Paleozóico, situar-

se-ia há cêrca de 600 milhões de anos atrás. Isso colocaria o granito Caçapava no Cambriano superior, aproximadamente.

O granito de Lavras é certamente posterior, tanto à série Maricá como aos andesitos da seqüência vulcânica. O granito Caçapava é intrusivo nos xistos que o rodeiam. Se considerarmos os xistos ao

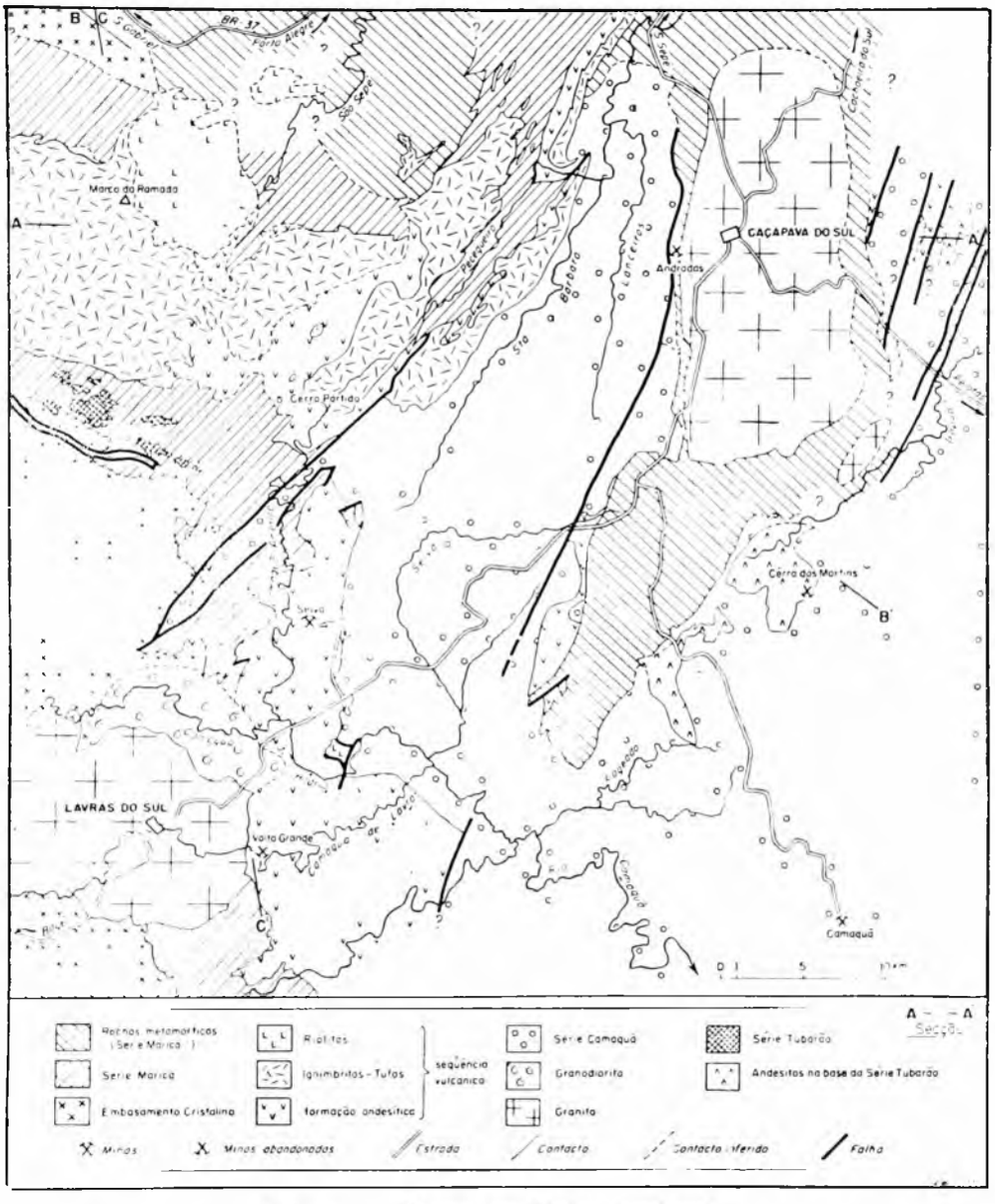

Fig. 2 — Mapa geológico regional.
(G. C. Melcher, R. F. Johnson, Henry Mau, J. F Robertson).

redor e a noroeste do "stock" como correlacionáveis à série Maricá, o granito deverá ser então, no mínimo, mais recente que essa série. Poderia ou não ser mais recente também, do que a seqüência vulcânica.

Como faltam contactos, na serra de Santa Bárbara, entre granitos e a seqüência vulcânica, esta poderia ter uma idade diversa nesta região do que nos arredores de Lavras do Sul. Assim, a formação riolítica poderia ser até mais jovem do que o granito Caçapava. Faltam evidências para melhor enquadramento das formações na coluna geológica.

Assim, consideramos tentativamente, a série Camaquã como cambriana superior, a seqüência vulcânica, pré-cambriana superior ou cambriana inferior e a série Maricá, pré-cambriana superior.

Separadas das rochas mais antigas por uma discordância angular, ocorrem camadas continentais e intercalações marinhas da série Tubarão (Permo-carbonífero)

III — IGNIMBRITOS

A. *Ignimbritos em geral*

1) Definição

São depósitos piroclásticos tabulares formados por processos semelhantes às nuvens ardentes ("nuées ardentes"); apresentam estrutura eutaxítica, especialmente próximo à sua base, onde os fragmentos que os constituem são soldados uns aos outros, em maior menor grau, dando ao ignimbrito um aspecto de lava; gradualmente, para cima, o depósito torna-se mais poroso e menos coerente, menos soldados os seus constituintes, tomando um aspecto de tufo.

O têrmo foi criado por Patrick Marshall em 1932, a partir do latim *ignis* (fogo) e *imber* (chuva) (Hjelmqvist, 1956, p. 3) Na literatura, encontram-se outros têrmos para designar o mesmo tipo de depósito, tais como tufo soldado ("welded tuff"), derrame de areia ("sand flow"), derrame de cinza ("ash flow"), tufo fundido ("Schmelztuff"), etc. Por vários motivos, ignimbrito exprime melhor do que tôdas as outras designações propostas a natureza sui-generis do depósito.

Os têrmos incluindo a palavra 'derrame' falsificam tanto as condições de transporte como as de deposição da rocha. A nuée não é um líquido e seu depósito tem forma tabular (Cook, 1957, p. 197) A inclusão do conceito de grão em 'areia' ou 'cinza' não serve nenhum propósito útil, já que existem numerosos ignimbritos de grão variável. O têrmo 'soldado' por outro lado, só se pode aplicar àquelas partes dos ignimbritos que são efetivamente soldadas e não a depósitos inteiros (Mackin, 1960)

Ignimbrito é uma designação genética-estrutural e, por isso, deve ser seguida de um têrmo litológico, assim, p. ex., ignimbrito riolítico.

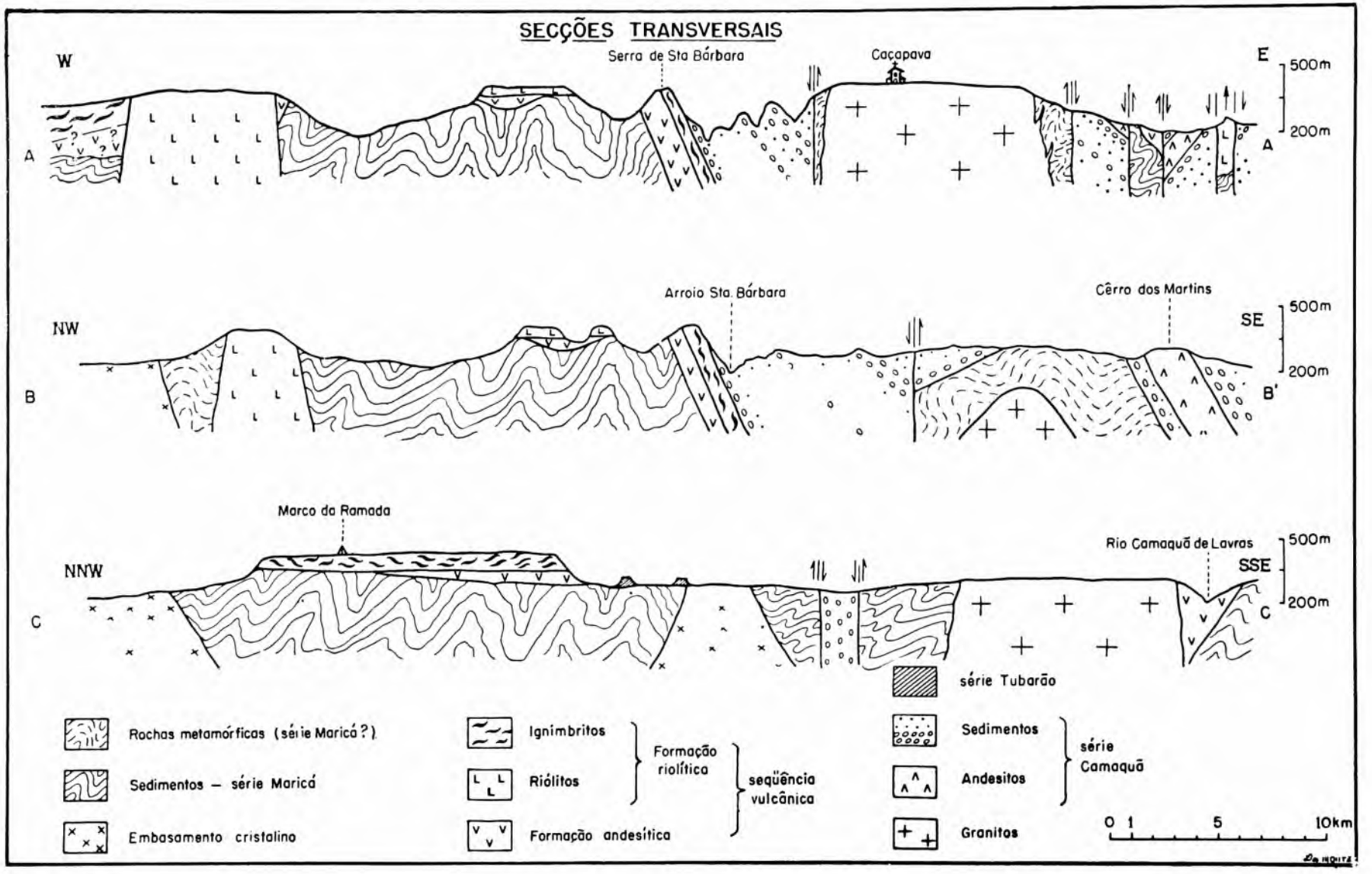

Fig. 3 — Secções geológicas.

Marshall em 1935 empregou "ignimbrito" no duplo sentido de tipo de rocha e unidade-rocha. Efetivamente trata-se de unidades mapeáveis, distintas e identificáveis por critérios físicos objetivos e observáveis no campo e em estudos de subsuperfície (Schenk e Muller, 1941) Assim, seria vantajoso restringir o têrmo apenas a unidades-rocha (Cook, 1957, p. 197)

2) Origem

Acredita-se que os ignimbritos tenham sido depositados por erupções análogas às nuvens ardentes descritas hoje em dia das Pequenas Antilhas, do Japão e alhures.

A nuvem ardente, conforme observada, seria devida à formação de espuma no magma da qual resultasse uma massa de gás quente carregada de pedra pomes pulverizada, mais pesada do que o ar, que escorre com velocidade de furacão. Essa massa aquecida ao rubro tem um comportamento semelhante ao de um líquido Sua baixa viscosidade dever-se-ia à subdivisão da lava em partículas que são rodeadas e suspensas em uma atmosfera gasosa altamente comprimida, causada especialmente pela emissão de gases por parte das próprias partículas (Perret, 1935, p. 84)

Recentemente, com o concurso de experiências, Mc Taggart (1960) propôs uma outra teoria sôbre o movimento das nuvens ardentes. Reynolds (1954) sugeriu que a mobilidade das "nuées" seria devida ao fato de serem elas "fluidificadas" isto é, as partículas seriam carregadas em suspensão por um jato de gás, técnica utilizada na indústria. Acontece, porém, que o escape de gases reduziria logo de muito a fluidificação, processo que é altamente eficiente dentro de um cano ou um tubo, mas não ao ar Mc Taggart sugere que a parte inferior, quente, relativamente compacta da nuvem ardente, na sua descida rola sôbre ar frio, englobando-o e aprisionando-o momentâneamente. Assim, a parte frontal da nuvem seria constantemente fluidificada por novos suprimentos de ar que, ao se aquecer, expande-se progressiva e explosivamente à medida que sobe pela massa da nuvem. A parte posterior desta, menos eficientemente fluidificada, deposita uma camada de material clástico quente ao longo do rastro da nuvem ardente.

A avalanche incandescente que desce pelos declives é acompanhada por uma grande nuvem escura que sobe e se expande ràpidamente. Esta nuvem é que vai depositar o material sôlto, tufoso, que costuma constituir o tôpo das unidades de ignimbrito.

As nuvens ardentes conhecidas de tempos históricos diferem em muitos aspectos das que teriam sido responsáveis pelos gigantescos depósitos de ignimbritos conhecidos em todos os continentes, desde o Pré-Cambriano até o Pleistoceno

A maioria das nuvens ardentes observadas saiu de crateras e deu depósitos de composição andesítica, geralmente não soldados; por outro lado, é provável que haja mais de um processo responsável pedepósitos onde os fragmentos de vidro estavam soldados entre si, especialmente próximo à base e eram de composição entre riólito e dacito. Conhece-se entretanto, pelo menos uma nuvem ardente que originou um depósito de ignimbrito soldado: é a nuvem ardente de Agatsama, no vulcão Asama, no Japão (erupção de 1783) (Cook, 1959, p. 5)

Assim, as nuvens ardentes atuais não constituem um modêlo das erupções que no passado produziram ignimbritos, sendo muito menores, e possìvelmente até diferentes (Mackin, 1960, p. 84) Por outro lado, a maioria dos ignimbritos saiu de fissuras, deu origem a los numerosos tipos de ignimbritos já observados e descritos na literatura.

3) Características dos ignimbritos

A identificação de um determinado corpo de rocha com um ignimbrito requer a aplicação de diversos critérios, megascópicos e microscópicos, de campo e de laboratório.

Megascòpicamente, um ignimbrito apresenta geralmente: diaclasamento colunar proeminente; estrutura eutaxítica, devida à maior ou menor quantidade de "lentículas" (vide abaixo); fragmentos de rochas estranhas ao depósito; ausência de superfícies escoriáceas.

Microscòpicamente, nota-se que a massa da rocha é composta por fragmentos de vidro de formas especiais e por cristais, geralmente quebrados. Os fragmentos de vidro podem estar mais ou menos soldados uns aos outros e aos cristais.

a — Terminologia empregada

Lentículas — são corpos discóides alinhados paralelamente à base do ignimbrito. Em secção apresentam forma de lente ou chama, suas dimensões variam desde frações de milímetro até vários decímetros. Sua constituição pode ser vítrea, rochosa ou cristalina. São encontradas com maior freqüência e mais bem desenvolvidas próximo à base das secções. São interpretadas como "lapilli" achatados ou produtos de intensa cristalização local (Martin, 1959, p. 405) São responsáveis pelo aspecto de faixas notado, tanto em amostra como em lâmina delgada de ignimbritos (estrutura eutaxítica)

Fragmentos de vidro — são lascas, cacos ou esquírulas de vidro (geralmente devitrificadas) bi- ou tri-cúspides, com bordas côncavas, formas de Y Trata-se de partes de paredes de vesículas produ-

zidas pela expansão dos gases do magma e posteriormente quebradas. Constituem a textura vitroclástica (Pirsson, 1915, p. 94) ou estrutura de fragmentos ("shard structure")

Soldadura — expressão empregada por Zirkel em 1876 e por Iddings em 1899, que notaram o fenômeno em riólitos do oeste dos Estados Unidos (Cook, 1959, p. 2) A soldadura seria causada pela compressão do material sobrejacente enquanto os fragmentos de vidro constituintes da rocha ainda estivessem em estado pastoso. Pode haver influência da ação pneumatolítica de gases vulcânicos (Fenner, 1937, p. 237) Ao microscópio, pode-se avaliar o grau de soldamento pela reentrância que os fragmentos de vidro apresentam onde atingidos por pedaços de rocha ou cristais muito pouco compressíveis.

b — Distinção entre ignimbritos, tufos e lavas

Marshall (1935) (citado por Vlodavietz, 1957), Weyl (1954) e outros autores procuraram estabelecer critérios de distinção. Alguns dos principais são transcritos a seguir

Os ignimbritos diferem dos tufos:

1 — porque têm textura uniforme, normalmente fina
2 — pela ausência de estratificação verdadeira
3 — pela ausência de classificação granulométrica segundo o afastamento da origem do material
4 — pela disjunção colunar bem desenvolvida
5 — pela coerência e solidez das rochas
6 — pela distribuição no terreno, seguindo apenas os vales
7 — pela estrutura pseudo-fluidal em lâmina delgada, devida ao envergamento dos fragmentos plásticos de vidro ao redor dos cristais pré-formados.

Diferem de lavas:

1 — pela ausência de bordas vítreas
2 — pela falta de uma superfície escoriácea
3 — pelo baixo pêso específico
4 — pela freqüente presença de uma delgada camada de cinza vítrea na base do ignimbrito pròpriamente dito
5 — pelo aumento gradual do pêso específico e do grau de soldadura de cima para baixo, em cada unidade de ignimbrito
6 — pela ausência de lineação e outras evidências de fluxo em massa
7 — por serem compostos de fragmentos de vidro soldados em maior ou menor grau
8 — pela sua grande extensão lateral

9 — pela raridade com que se pode determinar o aparelho vulcânico de origem do depósito.

B. *Ignimbritos do Rio Grande do Sul*

1) Generalidades

De longa data conhecem-se rochas vulcânicas no Rio Grande do Sul. Dentre estas, as chamadas lavas riolíticas ocupam lugar importante, reunidas sob a designação geral de quartzo-pórfiros (Leinz, 1939, p. 206)

Pudemos demonstrar a existência de ignimbritos entre os vulcanitos ácidos da região (Mau, 1959) Reconhecemos as seguintes características:

a — megascópicas

Aspecto de lava e caráter fragmentário
Lentículas irregulares de forma discoidal e brilho freqüentemente vítreo
Fragmentos de rochas anteriores
Diaclasamento colunar proeminente
Pêso específico baixo

b — microscópicas

Natureza clástica de tôda a massa fundamental da rocha
Soldamento maior ou menor dos fragmentos da massa entre si e nos fragmentos e cristais inclusos
Cristais quase sempre fragmentários

Muitas ocorrências de ignimbritos puderam ser reconhecidas na região, graças à identificação de diversos dos caracteres acima. Outros critérios citados na literatura como característicos de ignimbritos não puderam ser aplicados às rochas desta região. A elevada idade e as vicissitudes sofridas pela região neste longo tempo decorrido, dificultam bastante o reconhecimento de muitas feições consideradas características dos ignimbritos. Assim, a recristalização das rochas mascara muitos aspectos; intrusões posteriores, alteração hidrotermal ou intempérica contribuem; dobramentos e falhamentos, recobrimento por formações mais recentes e longo tempo de exposição à erosão, completam o quadro.

Entre características que não foram encontradas no Rio Grande do Sul estão as seguintes:

a — Distribuição no terreno seguindo apenas os vales
Não foi esclarecida a paleotopografia.

b — Ausência de bordas vítreas e superfície escoriácea

Êste fator não pôde ser empregado, já que raramente foi possível reconhecer as superfícies primitivas dêsses depósitos.

c — Presença freqüente de uma delgada camada de cinza vítrea na base do ignimbrito

Êste caráter não foi observado por vários autores, mesmo em depósitos mais recentes e se existisse, talvez escapasse da observação devido aos fatos citados no item acima.

d — Aumento gradual do pêso específico de cima para baixo em cada unidade de ignimbrito

Foi observada apenas em casos isolados. As unidades são freqüentemente descontínuas, suas exposições perturbadas tectônicamente, invalidando a amostragem em seqüência. O pêso específico é ainda sujeito a fatôres estranhos, tais como o grau de recristalização.

e — Grande extensão lateral

A extensão atual é relativamente limitada, já que só se nos apresentam remanescentes de erosão. Mesmo extrapolando-se a área original para incluir tôda a área entre os afloramentos extremos visíveis hoje, o depósito ficaria ainda muito aquem dos grandes ignimbritos descritos na literatura.

f — Raramente pode-se determinar o aparelho vulcânico que deu origem ao depósito

Não conseguimos determinar aparelho vulcânico relacionado a êsses depósitos, mas devido aos fatôres já expostos, também não o conseguimos no caso de outras rochas vulcânicas da região.

Acreditamos entretanto, que os critérios que pudemos aplicar identificam os depósitos como ignimbritos, ainda que, em certos casos, não esclareçam suficientemente suas características e origem.

Tivemos ocasião de comparar as rochas em questão com depósitos de outras regiões e idades. Para citar só os dois exemplos précambrianos que vimos na literatura, os ignimbritos de Caçapava paravsky, 1954) e com os de Dalarna, na Suécia Central (Hjelmqvist, 1956)

Para comparação e interpretação das estruturas utilizamos ainda os trabalhos de Gilbert (1938), Westerveld (1942), Weyl (1954), Enlows (1955), Vlodavietz (1957) e Martin (1959)

2) Área de ocorrência e volume dos ignimbritos

Na região do mapa da fig. 2, os ignimbritos ocorrem no planalto da Ramada e na serra de Santa Bárbara. A primeira área re-

presenta cêrca de 280 km² e a segunda, cêrca de 5 km² Embora se conheçam espessuras de até 100 m (Ramada), podemos admitir uma média de 40 m para a secção de ignimbritos; essas rochas teriam um volume total superior a 11 km3.

As ocorrências hoje conhecidas representam apenas remanescentes de erosão, sendo provável que a extensão original dos ignimbritos fôsse superior a 2.000 km² Admitindo ainda a espessura média de 40 m, obteríamos um volume ao redor de 80 km3, que colocaria êste entre os pequenos ignimbritos do mundo (Tab. 2)

3) Fisiografia e estrutura

A) Planalto da Ramada

Constitui uma área medindo cerca de 30 km por 10 km, ligeiramente ondulada, com altitudes ao redor de 450 m, situada na parte noroeste do mapa (Fig. 2) Limita-se por todos os lados por escarpas mais ou menos íngremes, medindo entre 30 a 70 m de altura. No interior do planalto, escasseiam os afloramentos.

Litològicamente, o planalto é constituído quase só por igmmbritos, pelo menos dois "stocks" de riólitos granofíricos e, estratigràficamente abaixo dos primeiros, manchas irregulares de conglomerados vulcânicos da formação andesítica.

Estruturalmente, o planalto da Ramada apresenta ignimbritos que, na borda têm mergulhos centrípetos: ao sul, 15° para NE e a nordeste, 40°-50° para S. No interior parece haver consideráveis variações nos mergulhos, provàvelmente devido a perturbações tectônicas.

A cêrca de 4 km da borda sul do planalto, quase paralelamente a ela, há um "graben" constituído por ignimbritos, medindo cêrca de 13 km de comprimento, algumas centenas de metros de largura e orientado segundo N 70° W

B) Serra de Santa Bárbara

Constitui um espigão de tôpo mais ou menos regular, medindo cêrca de 30 km de comprimento e algumas centenas de metros de largura, com altitudes ao redor de 450 m, na sua parte mais elevada. Está orientada aproximadamente N 30° E, paralelamente e logo para oeste, do arroio Santa Bárbara. Localmente é conhecida com o nome de serra de Santa Barbrinha. Situa-se na parte centro-setentrional do mapa (Fig. 2), e está talhada quase exclusivamente em rochas resistentes da formação riolítica.

Para sudoeste, a serra passa para a chamada Coxilha da Árvore, que é um divisor de águas de relêvo suave, recortado por afluentes dos arroios Camaquã-América e Santa Bárbara. Compreende rióli-

tos da formação riolítica, arenitos e conglomerados da série Camaquã e andesitos da formação andesítica, êstes já nos arredores da mina Seival.

A serra de Santa Bárbara eleva-se 250 a 300 m sôbre o vale do arroio Santa Bárbara, apresentando uma escarpa abrupta para sudoeste e uma face pouco íngreme para nordeste.

E' constituída, de baixo para cima e de noroeste para sudeste, por lavas, brechas, tufos e conglomerados vulcânicos da formação andesítica, queratófiros, ignimbritos e tufos da formação riolítica. O conjunto parece ser um bloco de falha basculado com mergulhos geralmente dirigidos para sudeste, entre 10° e 60°

A história do vulcanismo desta área parece ser mais complicada do que a da Ramada. Há maior movimentação tectônica e é mais freqüente encontrarmos aqui corpos vulcânicos lenticulares de extensão lateral limitada, constituindo uma pilha complexa.

4) Secções Geológicas

Conhecemos cêrca de 15 ocorrências de ignimbritos diferentes entre si e reconhecíveis por seus caracteres mega- e microscópicos. As secções acham-se, em geral, incompletas, tendo sido conservadas de preferência as porções mais bem soldadas e recristalizadas. Os membros pouco soldados ou tufosos dos ignimbritos só aparecem onde houve um recobrimento por rochas mais resistentes.

Vamos limitar-nos a descrever algumas secções incluindo ignimbritos, procedendo por áreas de ocorrência e distinguindo a base do tôpo do pacote. A tabela 3 resume as secções descritas.

a) Planalto da Ramada: Base da sucessão de ignimbritos

A base está exposta em vários pontos. Descreveremos secções próximo à estância Vista Clara, de propriedade do sr. Dalmiro Teixeira, de Lavras; no Cêrro Partido, na estância das Cordilheiras, do sr. Valério Teixeira, de Lavras; na escarpa nordeste do planalto e no "graben" ao sul do mesmo; e no centro, próximo ao marco de triangulação.

Secção 1: *Estrada Lavras-Estância Vista Clara* (Figs. 4, 5)

Destacam-se pelo menos três sucessões (Fig. 5): na base, brechas ácidas (as rochas piroclásticas são descritas no capítulo IV, abaixo); no meio, ignimbrito moderadamente soldado e tufo; no tôpo, ignimbritos passando de bastante a intensamente, soldados e recristalizados.

Na base está uma brecha ácida com vaga estratificação, fragmentos centimétricos pouco selecionados e raras lentículas. À medida que se sobe na secção, a estratificação torna-se mais distinta.

A brecha é castanha-avermelhada sendo muitos dos fragmentos verdes ou esverdeados. Ao microscópio, nota-se que a maioria dos fragmentos da brecha são constituídos de pedra-pomes, recristalizada em maior ou menor grau; ocorrem ainda fragmentos de granófiro, riólito e tufo. O teor de cristais na rocha não é muito elevado, e torna-se mais alto à medida que se sobe na secção. Predominam fragmentos

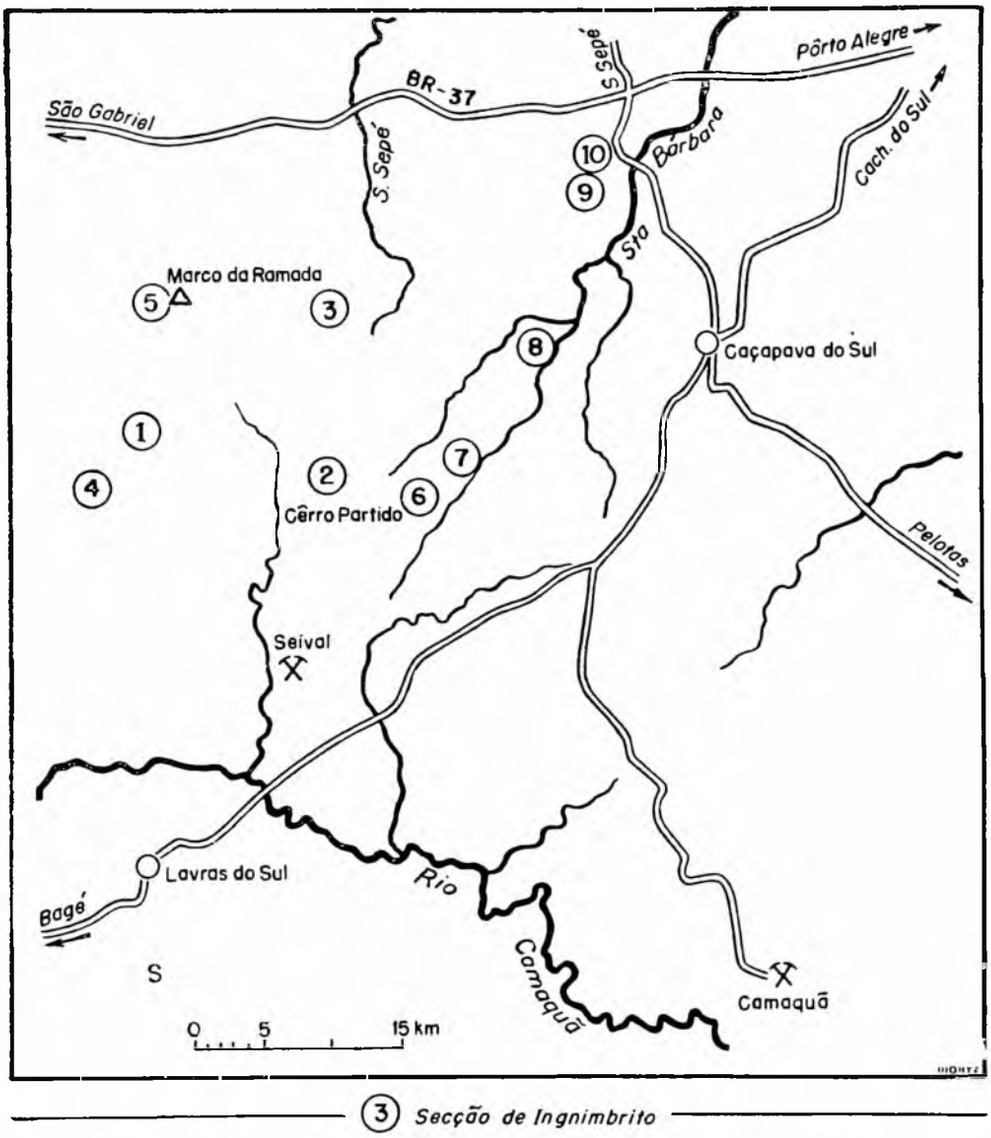

Fig. 4 — Mapa índice das secções de ignimbritos e do serpentinito (S) mencionados no texto.

de cristais de quartzo, ortoclásio e raro plagioclásio sódico. Encontram-se ainda clorita, calcedônia, muscovita e magnetita, todos bastante raros.

A brecha parece terminar por uma superfície de erosão sôbre a qual se depositou uma camada decimétrica de tufo retrabalhado, bem

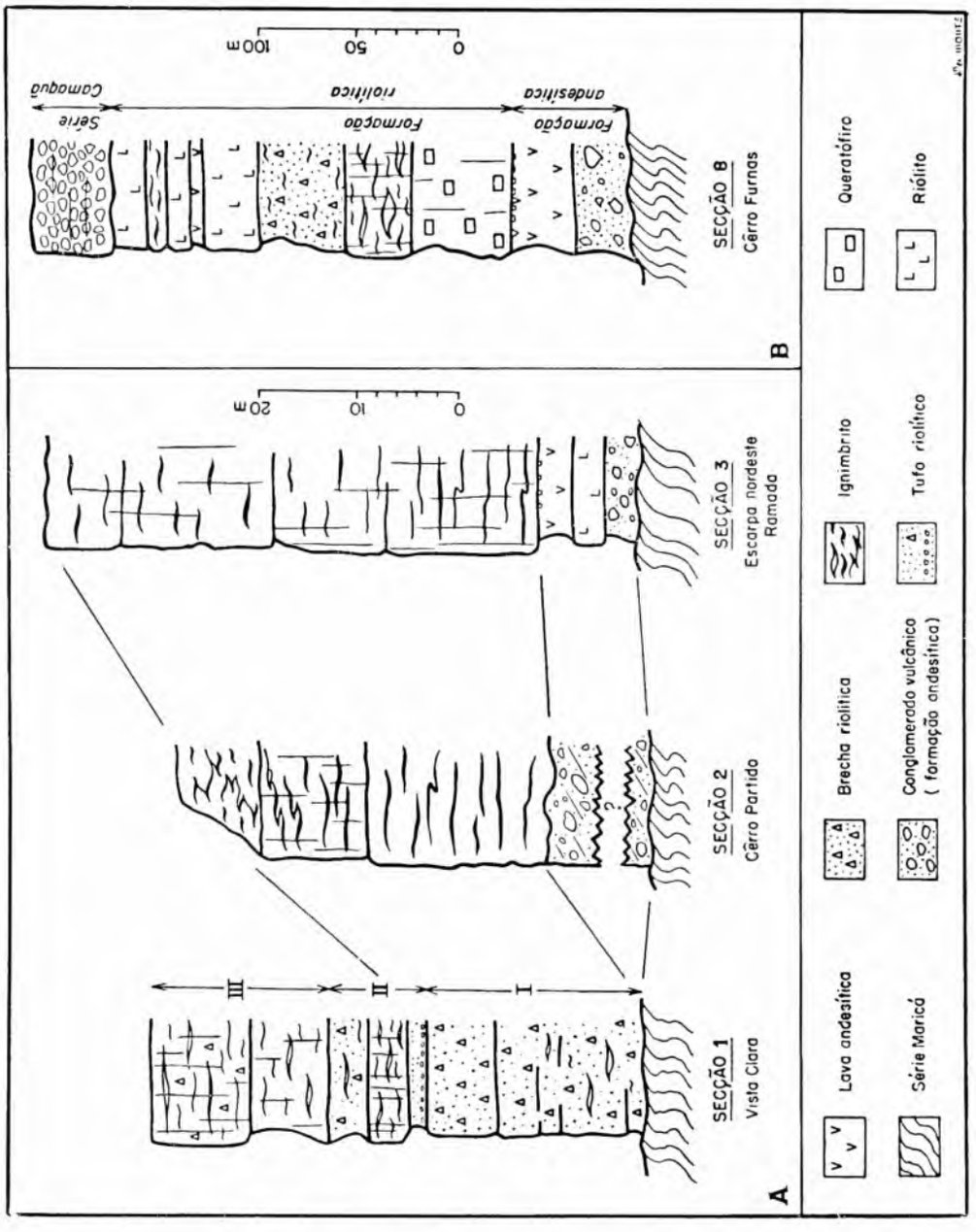

Fig. 5 — Secções esquemáticas de ignimbritos.

TABELA 1 (Adaptada de Melcher, Mau, 1960)

	Carvalho (1932)	Leinz, Barbosa (1941)	Melcher, Johnson, Mau, Robertson
Jurássico (?)		Diques de diabásio	Diques de diabásio
Permo-Carbonífero	Série Tubarão Série Itararé	Série Tubarão — tilitos e varvitos	Série Tubarão s. l. — fácies Itararé — tilitos, varvitos, etc. Camadas marinhas com *Orbiculoidea* e *Barroisella*
	—— Discordância ——	—— Discordância ——	—— Discordância ——
		Conglomerado Seival	
		Andesitos (com Au, Cu) — lavas, brechas, tufos	
		—— Discordância ——	
Devoniano (?)	Série Camaquã — conglomerado, arenito, folhelho	Série Camaquã — conglomerado, arenito, siltito	
	Andesito (com Au, Cu, Pb)		
		—— Discordância ——	
		Riólitos — lavas, tufos	
Siluriano (?)		Formação Maricá — conglomerado, arenito	Andesitos — lavas e tufos Série Camaquã — conglomerado, arenito, siltito
	—— Discordância ——	—— Discordância ——	
			—— Discordância ——
Cambriano (?)			Granito Caçapava, Lavras (com Au, Cu?)
			—— Discordância ——
		Granitos alcalinos (com Sn e W)	Seqüência vulcânica — riólitos (ignimbrito, tufo, brecha, lava) — andesitos (brecha, tufo, lava)
Pré-Cambriano superior (?)	Filitos de Ibaré, quartzitos, xistos e mármores de Vacacaí, xistos micáceos Porongos	Série Porongos — xisto, quartzito, mármore, etc.	
		—— Discordância ——	—— Discordância ——
			Série Maricá — conglomerado, grauvaca, folhelho — mármore, filito, xisto Riólitos, andesitos, tufo andesítico; xisto verde
			—— Discordância ——
Pré-Cambriano médio e inferior (?)	Gnaisse, granito, dolomito, micaxisto	Granitos calcoalcalinos gnaissificados, leptinitos, etc.	Metamórficas e intrusivas antigas, micaxisto, gnaisse, granito, leptinito, dolomito

TABELA 2

COMPARAÇÃO ENTRE ALGUNS IGNIMBRITOS DO MUNDO

(Seg. Westerveld, 1942; Weyl, 1954)

Localidade	Área	Espessura	Volume	Idade	Autor
Taupo-Rotorua Ilha Norte, Nova Zelândia	25.900 km2	30 m	750 km3	Plioceno-Pleistoceno	Marshall (1935)
Lago Toba-Sumatra Ocidental, Indonésia	25.000 km2	50-600 m	2.000 km3	Pleistoceno	Citado por Weyl (1954)
Snake river Idaho-Montana, E.U.A.	13.000 km2	6-15 m	80-200 km3	Pleistoceno	Mansfield e Ross (1935)
Caldera Aira Kiushu, Japão	1.650 km2	100 m	165 km3	—	Williams (1941, 1942)
Bishop tuff Califórnia oriental, E.U.A.	1.028-1.065 km2	122-152 m	146 km3	Pleistoceno	Gilbert (1938)
Perú meridional	1.000 km2	250-500 m	grande	Pleistoceno inferior	Fenner (1948)
Pasumah, Sumatra meridional, Indonésia	800 km2	50 m	40 km3	Pleistoceno	Westerveld (1942)
Brisbane, Queensland Austrália	790 km2	61-152 m	47-118 km3	Triássico	Richards e Bryan (1933)
Dalarna, Suécia central	450 km2	—	—	Pré-Cambriano	Hjelmqvist (1956)
Vale das 10.000 Fumaças, Alaska	100 km2	3-61 m	4-17 km3	Recente	Fenner (1923)
Comalapa, El Salvador	75 km2	100 m	7-10 km3	Plioceno superior	Weyl (1954)
Tiouine, Marrocos	—	2-60 m	—	Pré-Cambriano	Bouladon e Jouravsky (1954)
Caçapava-Lavras Rio Grande do Sul atualmente	285 km2	40 m	11 km3	Pré-Cambriano	Mau (Presente trabalho)
original?	2.000 km2	40 m	80 km3		

estratificado e selecionado. A grã varia desde centímetro até décimo de milímetro, parecendo haver uma certa gradação que se repete 2-3 vézes.

No meio da secção ocorre um ignimbrito moderadamente soldado que, para cima, passa a tufoso. Apresenta uma massa creme-rósea com lentículas longas e delgadas, negras, de brilho baço, constituídas de púmice comprimido, terminando em fiapos. Os cristais são raros; o quartzo, quebrado e cheio de concavidades e o ortoclásio em fragmentos irregulares. Encontramos raros seixos de grauvaca e granófiro. Os fragmentos de vidro estão bem preservados e nota-se a recristalização pectinada, com os cristaizinhos prismáticos crescendo perpendicularmente às paredes das lascas, fenômeno observado por vários autores em outros ignimbritos.

Para cima, a rocha passa para um tufo poroso, de côr roxa, resistente ao martelo, com raras lentículas escuras. Os cacos de vidro estão mal preservados. São raros os cristais de quartzo e feldspato.

O tôpo da secção é constituído por ignimbritos muito soldados e recristalizados, e forma o degrau do planalto, logo ao sul da estância Vista Clara. Tem aspecto de lava, apresentando faixas roxas e creme secundárias. A rocha e pobre em cristais e fragmentos líticos, sendo raras as lentículas pumíceas, longas e delgadas. As lascas de vidro apresentam formas muito bem preservadas, com soldamento intenso umas às outras e aos cristais inclusos. Ocorrem com certa freqüência pequenos nódulos de quartzo, alongados paralelamente às camadas, que serão descritos abaixo.

E' provável que a erosão tenha removido pelo menos a parte não soldada do ignimbrito do tôpo da secção.

Secção 2: Cêrro Partido

Observa-se um ignimbrito alaranjado claro, com cêrca de 37 m de espessura, descansar sôbre uma espêssa secção de conglomerados vulcânicos da formação andesítica. (Figs. 4, 5)

Apresenta-se como uma lava porfirítica, muito rica em grãos quebrados de quartzo e pertita, com raras lentículas mal preservadas, raros seixos estranhos de andesito e ardósia e excelente disjunção colunar. (Fig. 8)

Enquanto que a base da secção é constituída por um ignimbrito com aspecto de lava fluidal, em faixas, à medida que se sobe no Cêrro, e na secção, encontram-se rochas menos recristalizadas onde as bandas ainda não são contínuas. Próximo ao tôpo do cêrro, notam-se lentículas extensas, aglutinadas, constituindo horizontes persistentes, intricadamente dobrados (Figs. 6, 7)

Ao microscópio, nota-se próximo à base, a completa destruição da estrutura de fragmentos de vidro e recristalização muito adianta-

da. As lentículas só são representadas por "fantasmas" resultantes da reprodução pouco precisa dos contornos das mesmas por uma recristalização graúda. O soldamento, onde pode ser visto, é intenso. Várias das bandas mais espêssas apresentam intercrescimentos granofíricos.

Subindo-se na secção, encontram-se rochas onde ainda se reconhecem lentículas e mesmo, localmente, cacos de vidro. Já as grandes lentículas dobradas do tôpo da secção revelam-se com aspecto de dobras plásticas, com espessamentos nas zonas axiais e afinamentos nos flancos. Abaixo dos "fenocristais" estas lentículas "compostas" apresentam depressões e acima dêles, abaulamentos.

A densidade passa de 2,44 no tôpo, para 2.49 e, na base 2,50

Respectivamente a 1,5 e 4,5 km a nordeste do Cêrro Partido há outros testemunhos do ignimbrito da Ramada. São semelhantes às rochas acima descritas só que se observa melhor, especialmente no primeiro dêles (densidade 2,55), a estrutura de fragmentos e lentículas pumíceas em forma de chama. A côr dêstes ignimbritos é vermelha a alaranjada, podendo também ser negra, e sua densidade chega a 2,55

Secção 3: Escarpa nordeste da Ramada

O ignimbrito negro a castanho avermelhado repousa sôbre uma sucessão de grauvacas da série Maricá, brecha ácida, riólito, tufo e lava andesítica. Os três últimos pacotes têm espessuras da ordem de um metro cada um, e o ignimbrito da ordem de 50 m (Fig. 5) As atitudes do ignimbrito são um tanto variáveis com mergulhos ao redor de 40° a 50° para o sul.

Litològicamente, êste ignimbrito assemelha-se bastante ao da região do Cêrro Partido Tem aspecto de lava eutaxítica, rico em cristais de quartzo, ortoclásio e pertita; raros seixos de andesito. Reconhece-se diaclasamento colunar

Ao microscópio, nota-se que à medida que se sobe na secção, as bandas vão se mostrando constituídas de fragmentos de vidro, hoje recristalizados e acham-se freqüentemente substituídas por intercrescimentos gráficos. Êstes últimos mostram nìtidamente o agrupamento da massa granofírica ao redor dos cristais pré-existentes do ignimbrito. Onde se pode observá-lo, o grau de soldamento foi intenso (Fig. 9)

Secção 4: Graben ao sul do planalto

Ocorrem aqui quatro tipos de ignimbritos associados a um folhelho amarrotado de côr verde-oliva, presumìvelmente pertencente à série Maricá. Não pudemos esclarecer a sucessão entre os diversos ignimbritos entre si e com o folhelho.

O primeiro ignimbrito tem aspecto de lava fitada, côr negra, rico em cristais de quartzo e ortoclásio, raros seixos de andesito, com diaclasamento colunar proeminente. Assemelha-se bastante aos descritos acima nas secções 2 e 3. Ao microscópio, nota-se o intenso grau de recristalização e soldamento; raramente pode-se reconhecer a estrutura de cacos que, entretanto, aparecem localmente formando as bandas por coalescência. Algumas de tais bandas formam agregados granofíricos (Fig. 10)

O segundo tipo de ignimbrito é uma rocha pouco soldada com grandes e espêssas lentículas castanhas em uma massa de côr creme, rica em cristais de quartzo e ortoclásio. Apresenta também aspecto de lava. Ao microscópio, os cacos de vidro pretéritos estão bem conservados e as lentículas são constituídas de intercrescimentos granofíricos. Notamos raros seixos de folhelho verde e andesito (Fig. 11)

O terceiro tipo de ignimbrito apresenta-se pouco soldado, tufoso, muito rico em fragmentos de folhelho verde e arenito. Cristais de pertita e quartzo fragmentários são abundantes. As lentículas são curtas, verdes ou negras, em uma massa róseo-castanha. Ao microscópio, notam-se zonas onde a estrutura de cacos está bem preservada, mostrando soldamento apenas incipiente. Certas zonas da rocha parecem fitadas, aparentemente devido à coalescência das lascas de vidro.

Um quarto tipo de ignimbrito apresenta-se com as mesmas características mega- e microscópicas do ignimbrito médio da secção 1 (Vista Clara)

Planalto da Ramada: tôpo da sucessão de ignimbritos.

Secção 5: Marco da Ramada

Na escarpa norte e no centro do planalto, próximo ao grande marco de triangulação metálico da Ramada, ocorre uma sucessão de ignimbritos roxo-escuros com grandes lentículas castanho-avermelhadas. A rocha tem aspecto de lava, é rica em quartzo e pobre em ortoclásio Ocorrem seixos esparsos de granófiro, quartzito, ardósia e ignimbrito. Acha-se bastante perturbada, apresentando mergulhos até 90°, localmente. A espessura do pacote é superior a 70 m.

Ao microscópio, nota-se intenso soldamento e adiantado grau de recristalização (esperulítica ou maculosa — v. cap. IV abaixo) que poupou, entretanto, áreas com estrutura de lascas bem preservada. São numerosos os nódulos de quartzo (descritos no item 6 abaixo): onde êles ocorrem, fica obliterada a estrutura de cacos. As grandes lentículas são constituídas por pedra-pomes comprimida. Além de quartzo e ortoclásio, reconhecem-se raros plagioclásios e clorita.

Não se notou diferença de pêso específico (2,60) ou de aspecto ao microscópio, entre rochas da parte basal da secção e rochas da parte superior

b) Serra de Santa Bárbara

Foram feitas observações em vários pontos da serra, tendo sido encontrados seis ignimbritos de aspecto, extensão e espessura diversos, na mesma posição estratigráfica, isto é, no tôpo da formação riolítica. Ao contrário do planalto da Ramada, a intervenção de corpos de intrusivas e de rochas piroclásticas separa os corpos de ignimbrito e perturba a correlação.

Secção 6: Estância Gaspar Teixeira

A formação riolítica inicia-se aqui com um pacote de tufos ácidos, com cêrca de 40 m de espessura, descansando sôbre conglomerados vulcânicos da formação andesítica. Uma sucessão de ignimbritos com cêrca de 20 m de espessura acha-se assentada sôbre êsses tufos, e exposta numa pequena área oval, com diâmetros de 500 m por 300 m. Acham-se bastante perturbados por falhamento em bloco, o que veio dificultar o esclarecimento da sucessão. Para cima ignimbritos soldados passam a rochas não soldadas que continuam para nordeste até constituir a escarpa oriental da serra de Santa Bárbara.

Megascòpicamente, o ignimbrito apresenta alternancia de bandas longas e delgadas violeta claras e creme; as lentículas são róseas a creme. Cristais fragmentários de quartzo e pertita são abundantes da mesma forma que seixos de andesito, grauvaca, siltito, folhelho e riólito, nessa ordem. A densidade varia de 2,36 a 2,51, sem relação com o grau de soldamento.

Microscòpicamente, nota-se que as lentículas, orinalmente pumíceas, são recristalizadas em bandas esferulíticas ou com texturas dicritaxíticas, deixando cavidades angulosas com a forma dos interstícios entre os prismas de feldspato. Tal estrutura é responsável pela baixa densidade que apresentam mesmo as rochas bem soldadas da secção

A massa fundamental compõe-se de esquírulas de vidro recristalizadas, soldadas em maior ou menor grau umas às outras e aos fragmentos de cristais inclusos. Localmente, de preferência nas rochas mais bem soldadas, nota-se o aparecimento de numerosos nódulos de quartzo (Fig. 13) (descritos abaixo, no item 6) Dentre os minerais, salientam-se quartzo, pertita, raramente plagioclásio ácido e piroxênio. A massa tôda acha-se permeada por poeira hematítica (Fig. 12)

Secção 7: Escarpa oriental da serra de Santa Bárbara (sul)

Com apenas pequenas diferenças litológicas, encontra-se êste ignimbrito ao longo de cêrca de 5 km da crista sudeste da serra de Santa Bárbara, sempre acima de lavas queratofíricas, que constituem

aqui a base da formação riolítica. Não foi determinado o limite desta unidade para nordeste. O corpo tem direção de cêrca de N 30° E e mergulhos ao redor de 25° para SE. A espessura total da secção pode ultrapassar 100 m, sendo geralmente ao redor de 25 m.

O ignimbrito apresenta-se sempre pouco soldado com grandes lentículas azul-claras e roxo-azuladas em uma massa fundamental vermelha a chocolate. O teor de cristais varia de alto a moderado. As rochas apresentam aspecto tufoso, poroso (Fig. 14)

Ao microscópio, observa-se excelente preservação da estrutura de cacos, com recristalização destrutiva apenas local. As lentículas são sempre pumíceas, bem conservadas e com aspecto desabado. Os minerais encontrados incluem quartzo, pertita e poeira hematítica. Os fragmentos estranhos compreendem andesito, pedra-pomes, tufo, ignimbrito, folhelho e quartzo.

Secção 8: Cêrro das Furnas

Sôbre queratófiros da base da formação riolítica encontra-se um ignimbrito, com cêrca de 36 m de espessura, inclinado de 40° a 60° para sudeste (Mau, 1959, p. 13) A fig. 5 ilustra a estratigrafia.

Megascòpicamente o ignimbrito apresenta numerosas lentículas negras com brilho vítreo, em uma massa fundamental creme a rósea, com raros cristais de quartzo e pertita. Seixos de diversos tipos texturais de andesitos são abundantes, bem como fragmentos de grauvacas. Nota-se um diaclasamento colunar bem marcado.

Microscòpicamente, o grau de recristalização é elevado, destruindo com freqüência a estrutura de cacos; as lentículas pumíceas acham-se recristalizadas grosseiramente; as lascas de vidro antigas apresentam devitrificação do tipo pectinado Além do quartzo e pertita, encontra-se raramente, plagioclásio ácido.

Secção 9: Nordeste da serra

Sôbre lavas andesíticas e conglomerado vulcânico da formação andesítica, encontra-se um pacote com mais de 15 m de espessura e mergulho de cêrca de 45° para SE.

Megascòpicamente, o ignimbrito mostra grandes lentículas castanho-avermelhadas em uma matriz castanho escura. A rocha tem aspecto de lava com abundante cristais de ortoclásio, pertita e quartzo. São abundantes os seixos de andesitos, de diversas texturas, bem como de grauvaca, tufo, folhelho, apresentando diâmetro até 3 cm.

Microscòpicamente, nota-se soldamento de fraco até intenso, com recristalização adiantada, esferulítica e granofírica vermicular, destruindo quase por tôda parte os fragmentos de vidro primitivos. As lentículas são constituídas de púmice filamentoso comprimido. Além de ortoclásio e quartzo, observam-se plagioclásio ácido e clorita.

Secção 10: Extremidade da serra

Os 3 km terminais da serra de Santa Bárbara ou Santa Barbrinha constituem morrotes baixos, já separados pela erosão. Ocorre aí um ignimbrito com aspecto e mesmo, à primeira vista, textura de lava, com lentículas filamentosas pouco proeminentes de côr cinza, muito rico em cristais de quartzo e ortoclásio, com pequenos seixos esparsos de andesito, tufo e púmice. Tem espessura de cêrca de 20 m e mergulho de 40°-50° para SE (Mau, 1959)

Ao microscópio, nota-se soldamento de moderado a intenso, com recristalização adiantada, em que esferulitos destróem grandes extensões de fragmentos de vidro primitivos. Êstes, onde se conservaram, apresentam as melhores texturas que se encontraram na região (Mau, 1959, Figs. 1. 2) Predominam entre os cristais, ortoclásio e quartzo, seguidos por clorita e calcita, provàvelmente substituindo um mineral máfico, zircão e hematita pulvurulenta. (Fig. 15)

5) Correlação dos ignimbritos

Os ignimbritos constituem unidades estratigráficas quase ideais: apresentam extensão lateral considerável, superfície superior aproximadamente plana quando de sua deposição, foram formados em um só instante do tempo geológico e possuem numerosos caracteres que permitem individualizá-los, admitindo uma correlação segura (Mackin, 1960, p. 104)

Entre os caracteres dos ignimbritos que podem servir à correlação estão a côr, o grau de soldamento, o teor de cristais ou fragmentos, ou ambas as coisas, em relação ao de matriz, a natureza e abundância dos fragmentos estranhos, o tipo e freqüência da disjunção colunar, etc. (Cook, 1957)

A correlação entre os ignimbritos em nossa área procurou basear-se nesses critérios, tanto mega- como microscòpicamente. Várias unidades não encontraram correspondente, seja porque nunca o tiveram, seja porque tivesse sido erodido, coberto por rochas mais recentes, deslocado tectônicamente ou modificado por recristalização, a ponto de perder as características que o identificassem.

Enquanto que no planalto da Ramada as condições de deposição dos ignimbritos parecem ter sido normais e as correlações são possíveis para distâncias de até 15 km. na serra de Santa Bárbara tal não acontece. Nesta serra houve intenso tectonismo e as unidades parecem ser lenticulares e de pouca persistência lateral. Não se conseguiu estabelecer correlações a mais de 5-6 km de distância.

Apresenta dificuldades especiais a correlação de ignimbritos da Ramada com outros da serra Santa Bárbara. Não há continuidade física: as duas áreas estão separadas por lacunas de erosão e derrames

de riólito que talvez representem os ignimbritos, mas não permitem conclusões seguras.

a) Planalto da Ramada

Podemos correlacionar os ignimbritos pretos ou vermelhos, ricos em fragmentos de cristais, que apresentam bandas de cacos de vidro coalescidos. Ocorrem nas seções 2, 3 e 4 (Fig. 5)

Correlacionamos também os ignimbritos porosos, de côr cremerósea, com longas lentículas, de côr prêta e brilho baço, encontrados no centro da secção 1 e na secção 4 (quarto tipo)

São também comparáveis os ignimbritos bem soldados, pobres em cristais e fragmentos estranhos, com raras lentículas e abundantes nódulos de quartzo como o do tôpo da secção 1 e os da secção 5

Sabemos, portanto, que temos próximo à base da sucessão de ignimbritos da Ramada: a — espêssa sucessão de brechas; b — "riólito eutaxítico" prêto ou vermelho, rico em cristais de quartzo e feldspato. Sabemos que o "graben" ao sul da Ramada tem rochas pertencentes à metade inferior ou, no máximo, à parte média da secção (embora não conheçamos a sucessão precisa) Parece não haver outras unidades entre as que observamos na secção 1 e na secção 5

Pode-se, por conseguinte, estimar a espessura total dos ignimbritos da Ramada, tomando cêrca de 50 m da secção 1 e mais de 70 m da secção 5, com provável repetição da unidade-chave. Estimamos uma espessura total de cêrca de 100 metros.

b) Serra de Santa Bárbara

Podemos comparar os ignimbritos pouco soldados do tôpo da secção 6 (grandes lentículas azul claras e roxo azuladas em massa fundamental vermelha a chocolate, soldamento incipiente, fragmentos bem preservados) com os que constituem a secção 7 Esta correlação se fêz por cêrca de 6 km de distância, ao longo da serra.

E' possível correlacionar entre si, pela sua posição estratigráfica (sôbre a formação andesítica e sôbre os queratófiros) as secções 7, 8, 9 e 10, faltando, entretanto, características litológicas comparáveis.

Quanto à comparação entre a secção da Ramada e a da serra de Santa Bárbara, o que podemos dizer no momento, é que também estas secções ocupam posições estratigráficas equivalentes, isto é, sôbre a série Maricá e a formação andesítica.

6) Fenômenos de recristalização

Comumente, observa-se nos ignimbritos intensa compactação e soldadura, especialmente próximo à sua base (Gilbert, 1938; Wes-

terveld, 1942; Enlows, 1955, entre outros) Igualmente comuns e importantes são os processos de devitrificação e recristalização, que afetam pràticamente tôdas as rochas antigas ricas em vidro. Finalmente, é comum os ignimbritos se apresentarem silicificados.

No Rio Grande do Sul tivemos oportunidade de observar freqüentemente rochas bem soldadas, já que estas são as que melhor resistem à erosão. Por outro lado, pràticamente todos os ignimbritos acham-se devitrificados, recristalizados e silicificados em maior ou menor grau. A recristalização pode ir ainda um passo além, dando origem a pseudo-riólitos, como veremos no capítulo V

a — Cavidades alongadas

São freqüentes ao longo das bandas dos ignimbritos mais bem soldados e recristalizados. Apresentam-se com comprimentos de até 2-3 cm e larguras de fração de milímetro até alguns mm. Tal cavidade pode estar atapetada por cristais bem formados, geralmente de feldspato, estando o centro vazio ou preenchido parcialmente por quartzo. E' provável que parte destas cavidades, especialmente as de formas mais regulares, sejam primárias e constituam uma textura dictitaxítica. As bandas lateralmente mais persistentes, apresentando cavidades, resultam provàvelmente de recristalização, por vêzes granofírica, com o concurso de soluções. Estas estruturas são responsáveis pela baixa densidade, justamente das rochas mais bem soldadas e recristalizadas.

b — "Nódulos quartzosos"

São corpos esferoidais de quartzo, com diâmetro da ordem de décimo de milímetro, por vêzes com forma de pera e ligeiramente achatados paralelamente à pseudo-fluidez. Associam-se freqüentemente aos horizontes mais bem soldados de ignimbritos. Idênticas estruturas foram descritas nos ignimbritos pré-cambrianos de Tiouine, no Marrocos (Bouladon e Jouravsky, 1954, p. 44) Êsses autores acham que se trata do preenchimento de vesículas aprisionadas na rocha quando de sua formação Poder-se-ia, em nosso caso, tratar da recristalização do quartzo a partir de numerosos centros dentro da massa da rocha. Nota-se bem que a ocorrência de nódulos coincide com uma completa destruição da estrutura de fragmentos da rocha. (Fig. 13)

IV — LAVAS E TUFOS ÁCIDOS

Além dos ignimbritos, ocorrem na região estudada outras rochas de composição semelhante e aspecto, seja de lava, seja de rochas piroclásticas. Distinguem-se entre as primeiras, por seus caracteres mega

TABELA 3

COMPARAÇÃO ENTRE IGNIMBRITOS DAS DIVERSAS SECÇÕES

Secção	Côr da massa	Cristais de quartzo e feldspato	Fragmentos estranhos	Lenticulas Teor	Lenticulas Aspecto	Fragmentos de vidro	Grau de soldamento	Densidade	Diferenciação vertical	Espessura
RAMADA										
Secção 1										
meio	meio creme-rósea	raros	raros: grauvaca granófiro	baixo	longas, delgadas negras, brilho baço	bem conservados	moderado	2,49	passa a tufo para cima	incluindo brechas basais
tôpo	tôpo creme e roxa	raros								
Secção 2	vermelho-alaranjada e preta	abundantes	raros: grauvaca	baixo	longas, delgadas brilho baço	bem conservados	intenso	2,48	—	50 m
Secção 3	negra a castanho-avermelhada	abundantes	raros: andesito	baixo	finas, longas coalescidas	raros e mal conservados	intenso	2,45-2,50 cima p/baixo	passa a menos recristalizado em cima	37 m
Secção 4										
tipo 1	negra	abundantes	raros: andesito	alto	coalescidas filiformes	raros; formam fitas	intenso	2,59-2,60	pouco menos soldado no tôpo do que na base	50 m
tipo 2	creme	pouco freqüentes	raros: ardósia	alto	coalescidas filiformes	raros; formam fitas	intenso	2,63	—	30 m
tipo 3	creme-rósea	abundantes	raros: folhelho, andesito	alto	espêssas, castanho-avermelhadas	bem conservados	baixo	2,56	—	—
tipo 4	rósea-castanha	raros	abundantes: folhelho, arenito	moderado	curtas, pretas ou verdes	conservados localmente	muito baixo	—	—	—
Secção 5	roxo escura	pouco freqüentes	—	baixo	longas, finas, negras, brilho baço	bem conservados	moderado	—	—	15 m
STA. BÁRBARA			raros: granófiro, quartzito, folhelho, ignimbrito	alto	grandes, espêssas, castanho-avermelhadas	bem conservados	intenso	2,60-2,62	menos soldado em cima do que em baixo	70 m
Secção 6	rósea	pouco freqüentes								
Secção 7	vermelha-castanha	abundantes a pouco freqüentes	abundantes: arenito, andesito	baixo	curtas e espêssas; róseas a creme	bem conservados	intenso a baixo	2,36-2,51	passa de muito soldado a tufáceo	20 m
Secção 8	creme a rósea	raros	abundantes: tufo, púmice, folhelho, ignimbrito	moderado a alto	azul claras a arroxeadas; espêssas	bem conservados	baixo	2,46-2,50	—	50 m
Secção 9	castanho escura	abundantes	abundantes: andesito,	alto	grandes, negras brilho vítreo	raros	intenso	2,45-2,49	—	32-36 m
Secção 10	castanha	abundantes	abundantes: andesito grauvaca	alto	grandes, castanho-avermelhadas	mal conservados	baixo a intenso	2,54	—	17 m
			pouco freqüentes: andesito, tufo, púmice	baixo	finas, curtas escuras	bem a mal conservados	baixo a intenso	2,48-2,54	—	20 m

e microscópicos, riólitos, vitrófiros e queratófiros; entre as segundas, tufos e brechas.

A. *Texturas e modificações das lavas*

As lavas apresentam-se geralmente com textura porfirítica, com fenocristais de quartzo e feldspato numa massa de granulação variável. Trata-se de rochas originalmente muito ricas em vidro, hoje recristalizado. Examinemos alguns dos aspectos com que se apresentam as massas fundamentais devitrificadas:

a) textura criptocristalina — Consiste em agregados felsíticos, com baixo índice de refração, presumìvelmente compostos por quartzo e ortoclásio. A exata natureza e os limites dos grãos são difíceis de distinguir, dado seu pequeno tamanho.

b) textura sacaróide — E' composta por grãos desorientados, equidimensionais, de quartzo, ortoclásio e pequena quantidade de minerais acessórios. A granulação varia desde alguns microns (onde assume o aspecto criptocristalino, mencionado acima) até 1-2 mm. No caso dêste tipo de recristalização, não se observa qualquer estrutura original da rocha. O que porventura tenha existido, foi destruído na devitrificação

c) textura micropecilítica — Confere à rocha um aspecto maculoso: ao girar-se a platina do microscópio entre nicóis cruzados, alternam-se de claro a escuro numerosos campos em que se divide a massa fundamental. As máculas são devidas à inclusão de microlitos de ortoclásio em massas irregulares de quartzo (Bascom, 1893, p. 814) O mosaico tem um aspecto grosseiramente granofírico, devido à extinção simultânea de muitas máculas. Freqüentemente notam-se entre nicóis paralelos, estruturas não destruídas no processo de recristalização. Battey (1955, p. 114) observou que tipos microlíticos formam as margens dos derrames cujos interiores são micropecilíticos.

d) textura granofírica — E' muito comum e consiste no intercrescimento mais ou menos regular, de massas de quartzo e ortoclásio. Raramente atinge a perfeição geométrica dos micropegmatitos. Êstes intercrescimentos são observados em grãos com diâmetros desde alguns microns até 2 mm. Geralmente as estruturas originais da rocha são destruídas por esta recristalização.

Pertence a êste tipo textural um intercrescimento em que o feldspato se apresenta em grossos filamentos ramificados em fundo de quartzo.

e) textura esferulítica — Os esferulitos são constituídos de quartzo, ortoclásio ou ambos, sendo que o segundo caso parece ser

o mais comum. Seu tamanho varia desde pequena fração de milímetro até meio centímetro. São quase sempre secundários, já que destróem as estruturas primárias das rochas.

Distribuem-se pela massa fundamental, por vêzes irregularmente, outras vêzes, seguindo certos níveis. Neste caso, as camadas ricas em esferulitos apresentam aspecto aveludado, colorido pelo óxido de ferro.

f) textura em faixas — Dá à rocha um aspecto fitado. As bandas são freqüentemente irregulares, parecendo fluidais. Êste aspecto será discutido abaixo (Cap. V)

Em luz polarizada, nota-se que as faixas são constituídas, seja por agregados granofíricos, seja por níveis de esferulitos. Parte destas rochas parecem provir da recristalização completa de ignimbritos.

Modificações — Além da devitrificação, observa-se com freqüência a alteração hidrotermal das lavas ácidas, como aliás também das rochas piroclásticas. O fenômeno mais comum é a silicificação, que pode atingir grandes volumes de rocha. O processo resulta provàvelmente, seja do final da fase de vulcanismo ácido, seja de atividade ígnea posterior Ocasionalmente notam-se a caolinização e sericitização dos feldspatos e cloritização da biotita.

B *Riólitos e vitrófiros*

Megascòpicamente, os riólitos são rochas porfiríticas de côr rosa-claro até tijolo, afaníticas até faneríticas. Distinguem-se, já a ôlho nu, fenocristais de quartzo e feldspato róseo, sendo variável a proporção de cristais entre si e com a massa.

Apresentam textura porfirítica, com fenocristais de quartzo mal formados, corroídos ou fragmentários e feldspato, também com freqüência quebrados. Os feldspatos mais comuns são ortoclásio e pertita. Ocasionalmente, encontram-se albita e plagioclásio de composição de oligoclásio a andesina. Os minerais coloridos são raros e não foram observados como fenocristais.

A massa fundamental apresenta composição uniforme Reconhecem-se quartzo, ortoclásio, limonita, e, raramente plagioclásio ácido, muscovita, calcedônia. Entre os minerais coloridos, sempre raros, estão clorita, epídoto, biotita e, em um caso, riebeckita. Minerais opacos, provàvelmente magnetita, e uma fina poeira translúcida de limonita e hematita, permeiam tôdas as rochas, sendo responsáveis por sua coloração em amostra. Dentre os acessórios, encontraram-se zircão, apatita e rutílio

A granulação da mesóstase varia de alguns microns até uns 2 mm, compreendendo diversas texturas (vide descrição abaixo)

Vitrófiros ainda ricos em vidro foram encontrados próximo à jazida de cobre de Crespos, na serra de Santa Bárbara (Leinz e Barbosa, 1941, p. 20) São constituídos de uma massa negra vítrea onde se acham alguns cristais de quartzo e feldspato.

C. *Queratófiros*

Megascòpicamente são rochas compactas, de côr vermelho-arroxeada a chocolate ou mesmo rosa-clara, com fenocristais de feldspato côr de carne, esparsamente distribuídos. Ocorrem freqüentemente em grandes lages exibindo magníficas estruturas fluidais (Fig. 16)

A textura é porfirítica, com fenocristais de albita, amiúde substituídos por ortoclásio, imersos em uma massa fundamental micropecilítica ou microlítica. Outras vêzes, os fenocristais são constituídos por plagioclásio ácido.

A massa fundamental é constituída por feldspato de índice de refração inferior ao do bálsamo do Canadá, quartzo, pequenos grãos de clorita, epídoto?, apatita, titanita e zircão, além da poeira de limonita e hematita, em menor ou maior quantidade.

Incluímos estas rochas entre os queratófiros, devido à sua composição mineralógica, quartzo, albita e ortoclásio associados em proporções variáveis e inversas e quantidades menores de clorita, biotita, leucoxênio e zircão Não há fenocristais de quartzo, que ocorre, entretanto, na massa fundamental (Battey, 1955, p. 104) A principal característica dos queratófiros é que a quantidade de minerais coloridos e seus produtos de alteração é mínima, parecendo ser rochas altamente leucocráticas (Loewinson-Lessing, 1928, citado por Johannsen III, 1937, p. 48) Suas texturas reliquiares ligam-nas aos riólitos de que se distinguem nìtidamente por sua mineralogia de baixa temperatura (Battey, 1955, p. 123)

A origem dos queratófiros é explicada de vários modos. Certos autores propugnam um magma sódico, outros falam em introdução de álcalis do meio para a rocha em processo de consolidação (Turner e Verhoogen, 1960, pp. 267-269) Trabalhando nos lugares clássicos de ocorrência de queratófiros, Battey (1955, p. 122) acredita que o teor de álcalis na rocha é constante, não sendo nem muito elevado, nem adicionado a partir do meio. Ocorre a redistribuição dos álcalis dentro de cada derrame de lava, o que é apoiado pela constância da soma dos teores de álcalis e pelas estruturas encontradas, especialmente substituição de fenocristais de albita. Os minerais dessas rochas são de baixa temperatura, formados em condições de grande atividade migratória dos álcalis e da sílica, já no estado sólido.

D. *Tufos e brechas piroclásticas ácidas*

De acôrdo com a nomenclatura geralmente aceita, brechas são as rochas piroclásticas cujos componentes têm mais de 32 mm de diâmetro e estão imersas em uma massa mais fina, tufosa. Tufos seriam rochas constituídas de fragmentos vulcânicos com diâmetros abaixo de 4 mm (American Geological Institute, 1957)

Pudemos reconhecer tufos e brechas vítreos, líticos e de cristais, sendo os dois primeiros os mais comuns.

Freqüentemente, as rochas piroclásticas não apresentam estratificação e sua verdadeira natureza só se revela quando as partículas são visíveis a ôlho nu. Apresentam muitas vêzes consistência de lava, embora se possam encontrar tufos com aspecto poroso e densidade baixa.

Em lâmina delgada, especialmente nos tufos vítreos, distingue-se amiúde a textura vitroclástica, com uma massa de fragmentos de vidro bi- e tri-cuspidatos, com bordas côncavas.

Os tufos líticos apresentam maior ou menor teor de fragmentos de rochas arrancadas do conduto vulcânico, em uma matriz que pode ser vítrea.

Tufos de cristais são raros. Em geral, as rochas piroclásticas contêm vidro, fragmentos de rocha e também cristais.

As rochas mais comuns como constituintes de tufos e brechas são: andesitos de diversos tipos texturais, vários tipos de ignimbritos, grauvacas, ardósias, riólitos e granófiros. Sôbre tôdas estas rochas predomina de modo absoluto a pedra pomes, que constitui a maior parte dos fragmentos líticos das brechas.

Tanto a pedra pomes como os fragmentos de vidro acham-se recristalizados em uma massa felsítica fina.

Os cristais mais freqüentes nessas rochas são quartzo, ortoclásio, pertita e plagioclásios. Mais raramente ocorrem muscovita, clorita, hematita, limonita e zircão.

E. *Distribuição no tempo e no espaço*

Ocorrem rochas piroclásticas e lavas de composição ácida: 1) anteriormente ou contemporâneamente à série Maricá e 2) na formação riolítica da seqüência vulcânica.

1) Vulcanitos ácidos da série Maricá ou anteriores

Sabemos de sua existência pela freqüente ocorrência de seixos nos conglomerados da série Maricá, mas não podemos apontar nenhum corpo de rocha que pertença seguramente a esta categoria. Identificamos seixos de riólito, ignimbrito quartzo-latítico e tufo. Isso indica que as condições vulcânicas da época teriam sido bastante

semelhantes às que reinaram mais tarde, ao tempo da seqüência vulcânica

2) Formação riolítica da seqüência vulcânica

Encontram-se aí lavas, ignimbritos, tufos e brechas piroclásticas, apresentando uma composição bastante constante, mas estruturas e texturas bem diversificadas.

Distribuem-se em quatro grandes áreas de ocorrência:

a — Serra de Santa Bárbara

Ocorrem tufos, brechas, ignimbritos e lavas. Em uma extensão de cêrca de 16 km, conhecem-se queratófiros na escarpa oriental da serra. Constituem derrames que estão sôbre a formação andesítica e abaixo dos ignimbritos da área.

b — Planalto da Ramada

Encontram-se especialmente riólitos dos tipos bandeados e sacaróide, além de corpos de granófiro com aspecto de "stock" As rochas mais abundantes no planalto são, entretanto, os ignimbritos.

Conhecem-se pelo menos dois "stocks" de granófiro, grosseiro e regular Apresenta uma textura porfirítica reliquiar, com fenocristais de feldspato e quartzo mergulhados em uma mesóstase granofírica de granulação ligeiramente inferior Diques de granófiro, com orientação ao redor de N 60 E e comprimentos de até 5 km cortam a série Maricá.

Tufos e brechas parecem mais abundantes na base do pacote, como se nota nas escarpas sul, norte e nordeste do planalto

c — Testemunhos entre os arroios Pecegueiros e Passo dos Machados

Constituem o prolongamento da Ramada para nordeste e são compostos de riólitos holocristalinos, porfiróides, geralmente grosseiros e com aspecto de lava. Trata-se de corpos tabulares falhados em bloco.

V — TRANSIÇÕES DE IGNIMBRITOS PARA RIÓLITOS

O processo de recristalização dos ignimbritos pode obliterar todos os traços de texturas clásticas, dando à rocha um aspecto bandeado, "fluidal" ou mesmo granular, felsítico a microgranítico. O primeiro caso é o das rochas com aparência de lava, côres negras a vermelhas, aspecto fitado, teor elevado de cristais quebrados. (Secções 2, 3 e 4) Êstes fragmentos de cristais provocam o desvio das bandas ao redor dêles, contribuindo para a impressão de fluxo viscoso, com irregularidades locais que sugerem a passagem de fluxo laminar para fluxo turbilhonar. O segundo tipo de rocha recristalizada é porfirítico, com fenocristais de quartzo, e ortoclásio em uma massa fundamental variando de afanítica a fanerítica (com grãos

até 2 mm) côr de tijolo Foi possível observar o que nos pareceram ser passagens graduais entre ignimbritos nìtidamente clásticos e tais rochas.

Na secção 2 (Cêrro Partido) observamos horizontes dobrados, parecendo constituídos de lentículas aglutinadas. A origem dessas dobras é obscura. Conhecendo-se o hábito dos fragmentos de vidro dos ignimbritos, parece que a maior parte do comprimento dessas dobras corresponde à posição de antigos fragmentos ou lentículas.

A correlação entre as dobras e a estrutura de cacos impõe-se especialmente em vista do comportamento das "dobras" do ignimbrito do tôpo do Cêrro Partido, nas proximidades de um "fenocristal" Há precisamente a depressão que se pode observar em ignimbritos não tão recristalizados, devido à queda de um fragmento sólido, pouco compressível, sôbre material ainda não consolidado. A única diferença é que os abaulamentos abaixo e acima dos cristais de quartzo e feldspato acham-se unidos a tôda a faixa intrincadamente dobrada, contínua por vários centímetros. Esta faixa parece seguir essencialmente as posições das antigas lascas e lentículas de vidro ou pedra-pomes, só saindo das formas dêstes para estabelecer conexões com outros fragmentos das proximidades (Figs. 6, 7)

Sugere-se a possibilidade de que tenha havido mobilização do material de certos horizontes com uma determinada composição, segundo um gradiente tal como, por exemplo, da redistribuição de álcalis na rocha (Battey, 1955) Tal redistribuição poderia seguir um trajeto de menor resistência, que coincidiria com a posição dos antigos fragmentos de vidro: daí o aspecto de dobra ptigmática dessas faixas, sugerindo que a recristalização "salta" de um para o outro dos antigos cacos ou lentículas. Tal hipótese parece ser reforçada pela verificação de Vlodavietz (1953) de uma diferença de composição entre as lentículas (riodacíticas) e a massa (dacítica) de um ignimbrito ("lava tufosa" de Semiatchiksk, U.R.S.S.)

Uma demonstração cabal de que não houve interferência de fenômenos tectônicos para a formação dessas dobras é a ausência de vestígios de esforços nos cristais de quartzo e feldspato inclusos na massa dobrada. Aliás, no campo, não se achou evidência de tectonismo algum correspondente a tais estruturas.

Esta ocorrência é talvez a melhor para mostrar a passagem de rocha com caracteres de piroclástica para o "riólito fluidal" ainda que os pormenores do processo não estejam esclarecidos.

Na secção 4 (graben ao sul da Ramada), dentro de um raio de 30 m do terceiro tipo de ignimbrito descrito acima, afloram riólitos porfiríticos, granulares, côr de tijolo, incluindo seixos estranhos, inclusive granito e lentes recristalizadas, com aspecto de folhelho, de côr verde. Os fenocristais são de quartzo e ortoclásio. A zona do

riólito mais próxima ao ignimbrito apresenta maior número de lentículas verdes do que mais para longe, onde a rocha apresenta aspecto homogêneo. Recorda-se que um folhelho semelhante às lentes ocorre nas proximidades. A densidade desta rocha é de 2,49, mais próxima de ignimbritos que de riólitos.

Em determinadas zonas dêste mesmo ignimbrito observou-se uma recristalização em pequena escala. A rocha nìtidamente clástica, com numerosos fragmentos líticos e lascas de vidro recristalizados, passa bruscamente para uma zona com aspecto de "riólito fluidal" em que bandas escuras alternam com outras mais claras, suavemente onduladas em secção Dentro das bandas escuras, ricas em limonita, vêem-se, aqui e ali, restos de fragmentos de vidro, dando a impressão de não se tratar de um contacto, mas de uma transformação dentro do corpo da rocha.

O fenômeno poderia ser devido à recristalização e cimentação por parte de limonita. Seu caráter local talvez se deva a uma fonte de fluidos e calor localizada, como, por exemplo, uma fenda.

Na secção 3, um ignimbrito eutaxítico ("riólito fitado") semelhante aos das secções 2 e 4, apresenta intercalações localmente espêssas de granófiro Pode-se observar em lâmina o desaparecimento progressivo dos antigos fragmentos de vidro por recristalização Reconhece-se, também, como a massa fundamental granofírica se agrupa ao redor dos antigos "fenocristais" do ignimbrito.

Assim, está indicado que, nesta região, muitas rochas com aspecto de riólitos fluidais originam-se, não de uma intrusão de magma viscoso, mas de um ignimbrito, piroclástico. A textura "fluidal" de muitos dêsses riólitos não lhes teria sido impressa pelo fluxo laminar de um líquido altamente viscoso e as irregularidades de tal textura não representariam um fluxo localmente turbilhonar A textura foi impressa numa rocha que nunca teve um fluxo viscoso e que resulta, provàvelmente, de recristalização, a partir de uma refusão em maior ou menor escala, da rocha piroclástica original. O aspecto fluidal, por sua vez, é devido apenas à compactação

E' possível que em certos ignimbritos se mantenha localmente uma temperatura suficientemente alta para efetuar uma refusão em presença de fluidos e reações exotérmicas. A importância de tais reações é ilustrada por Fenner (1950) que mostra a possibilidade de um relaxamento de pressão permitir o escape dos constituintes voláteis do magma, com evolução de calor suficiente para assimilar grandes quantidades de rochas básicas.

Formar-se-iam, a partir dos ignimbritos, primeiro, os "riólitos fluidais" e finalmente, os granófiros e riólitos grosseiros do tipo microgranito e granito-pórfiro.

Embora admitindo uma origem a partir de um magma fundido, Demay (1953) mostrou que certos microgranitos teriam resultado de devitrificação e recristalizações sucessivas no estado sólido.

Textura fluidal — E' objeto de muitas conjeturas desde há longo tempo, especialmente nas chamadas lavas ácidas. Não é fácil compreender o bandeamento, por vêzes delicado, de certos riólitos. Iddings (1887) procurando explicar o fenômeno, sugeriu ser o bandeamento devido ao movimento paralelo ao substrato de porções de fluido, contendo diferentes proporções ou tipos de componentes. Dentre êstes, estariam esferulitos, triquitos, micrólitos, etc., que se teriam espalhado em planos graças ao fluxo Iddings apela aqui para os gases mineralizadores absorvidos pelas diversas camadas, para explicar as diferenças de consistência e de fases de cristalização.

Fuller (1927, p. 572) atribuiu a laminação ao movimento relativo de duas camadas adjacentes de lava. Considerou a rotação dos fenocristais o fator responsável pelo amassamento das camadas sobrejacentes. Tal rotação teria sido causada pelo movimento diferencial ao longo dos planos fluidais.

Ambas estas hipóteses parecem ser sobrepujadas pela idéia de que, certos riólitos pelo menos, teriam sido transformados por recristalização a partir de ignimbritos, e as texturas observadas em tais riólitos atestam essa origem. Isso explicaria também a freqüência e a abundância de importantes depósitos de lavas ácidas, no passado Êsses riólitos, por vêzes ocupando grandes áreas, estão em flagrante contradição com a elevada viscosidade do magma ácido e a raridade com que se observam hoje em dia lavas ácidas. Efetivamente, nenhum dos 500 vulcões que estão ou estiveram ativos em períodos históricos teriam formado lavas riolíticas ou traquíticas (Gèze, 1957, p. 348), embora vários dêles o tivessem feito ainda no Pleistoceno (von Wolff, 1929 e 1931)

A discussão, entretanto, ainda prossegue. Há autores como Bordet (1958) que afirmam que um elevado teor de água permitiria reduzir consideràvelmente a viscosidade do magma riolítico, permitindo-lhe cobrir grandes áreas. Por outro lado, autores como Vlodavietz (1957) e Grange (1937) são de opinião que os ignimbritos são depositados por lavas em condições especiais, invertendo, por conseguinte, o problema.

VI — ANDESITOS E ROCHAS PIROCLÁSTICAS ANDESÍTICAS

São numerosos os corpos de rochas intermediárias na região, constituindo especialmente derrames e pequenas intrusões. E' também notável a persistência no tempo das manifestações de tal vulca-

nismo, que se estende desde a época da sedimentação da série Maricá ou mesmo antes, até o comêço da deposição da série Camaquã.

A. *Lavas*

Megascòpicamente, os andesitos são rochas geralmente compactas, densas, de côr negra, quando frescas. Podem ser maciças, afaníticas ou nìtidamente porfiríticas. Também as estruturas variam bastante. Há rochas uniformes, escoriáceas, vesiculares, amigdalóides, freqüentemente passando de um a outro tipo dentro do mesmo derrame. Devem-se citar as estruturas fluidais, representadas pelo alinhamento de cristais de feldspato ou pela distorção de amígadalas. São freqüentes as lavas aglomeráticas, especialmente no grande corpo andesítico dos arredores da mina Seival (Leinz e Barbosa, 1941, p. 25)

A quantidade e persistência das estruturas é geralmente insuficiente para a elucidação das atitudes dos grandes corpos de andesito, como o que ocorre ao norte e a leste de Lavras do Sul.

As rochas em questão apresentam uma maneira característica de alteração. Tomam um aspecto maciço, cortadas por diáclases pouco espaçadas em várias direções, com côres castanho-avermelhadas a amarelas. Apresentam tendência para o desenvolvimento de disjunção esferoidal, ocorrendo a desagregação de escamas centimétricas da rocha.

O caráter básico dos plagioclásios e a riqueza em minerais máficos colocam estas rochas entre os andesitos e os basaltos (Leinz e Barbosa, 1941, p. 24) Conservamos a designação geral de andesito, embora alguns pudessem ser considerados basaltos.

A distinção entre andesitos e basaltos não é, aliás, fácil e os critérios propostos variam bastante de um autor para outro. Williams recomenda o limite de 52% de sílica, abaixo do qual as rochas seriam basaltos e acima do qual seriam andesitos. A composição média dos plagioclásios em basaltos seria mais cálcica do que Ab_1An_1, enquanto que em andesitos seria mais sódica (composição essa de difícil determinação) O índice de côr seria superior a 40% nos basaltos. Êsse autor não considera diagnóstica a presença de olivina ou a textura ofítica, embora ambas sejam encontradas com mais freqüência em basaltos (Williams et al., 1954, pp. 43, 93)

A ausência de análises químicas não permitiu uma classificação segundo a porcentagem de sílica. Os plagioclásios foram determinados geralmente em fenocristais, empregando apenas o método da medição dos ângulos de extinção simétrica dos geminados segundo a lei da albita, na zona perpendicular a (010) (Tabelas em Troeger, 1956, pp. 99-111) O pequeno tamanho e elevado grau de alteração dos

minerais da massa fundamental dificultaram muito a determinação, seja dos plagioclásios, seja do índice de côr

O teor máximo de anortita nos plagioclásios vistos pelo autor é de apenas 56%, e isso em fenocristais. O índice de côr não ultrapassa em geral os 50%

Por conseguinte, colocamos tôdas as rochas aqui mencionadas entre os andesitos. Estudos mais particulares dos andesitos, especialmente da região da mina Seival, devem-se a Karl Walther (1912) e Alceu F Barbosa (1958, inédito)

1) Minerais constituintes

a — *Plagioclásio*, muitas vêzes zonado, com "gôtas" de vidro e numerosas inclusões. Está freqüentemente caolinizado ou sericitizado, podendo estar substituído por calcedônia, clorita, ou mais raramente, epídoto A andesina é o componente mais freqüente, seguida por labradorita, oligoclásio e albita.

b — *Piroxênio* é o mais comum dentre os minerais máficos primários. Apresenta-se incolor, monoclínico, freqüentemente zonado ou geminado Está o mais das vêzes parcial ou totalmente alterado em cloritas, carbonatos, epídoto e magnetita. Trata-se de um mineral do grupo do diopsídio

c — *Outros minerais máficos* primários: olivina, rara e alterada para serpentina, clorita e magnetita; hornblenda, rara também; biotita, com pleocroismo intenso, é pouco freqüente.

d — *Cloritas* são abundantes e são poucas as rochas que não as apresentam. Constituem produto de alteração de piroxênio, anfibólio ou biotita, podendo também substituir plagioclásios. Não se tentou distinguir entre os componentes dêste grupo. Aparecem em vênulas e amígdalas.

e — *Carbonatos* são também freqüentes e abundantes, resultando da alteração de minerais máficos e de plagioclásios. Não foram determinados os tipos de carbonatos presentes.

f — *Magnetita-hematita-limonita* constituem o grupo dos óxidos de ferro, um dos quais se acha sempre presente nos andesitos. Chamamos genèricamente de magnetita os minerais equidimensionais, reticulados ou arborescentes que são opacos e apresentam côr negra em luz refletida; êstes minerais são acessórios comuns das rochas. Chamamos de limonita as massas irregulares amarelas ou castanho-avermelhadas, que por vêzes substituem tôda a massa fundamental. Ocasionalmente, podem reconhecer-se cristais vermelhos de hematita.

g — *Calcedônia e quartzo* aparecem por vêzes na massa fundamental, em pequenas quantidades, sendo de origem secundária. A calcedônia é freqüente em vênulas e amígdalas, bem como substituindo plagioclásios.

h — *Apatita* verde, prismática, de comprimentos até vários décimos de milímetro é o acessório mais comum, depois da magnetita.

— *Vidro*: em algumas rochas ainda se encontram restos de vidro intersticial, escuro, com índice de refração bem mais alto que o bálsamo do Canadá.

2) Texturas das lavas

E' grande a variedade de texturas encontradas nos andesitos da região. Destacam-se as texturas pilotaxítica, traquítica, intersertal e subofítica. Foram observadas raramente rochas com texturas ofíticas e intergranular. A granulação das rochas varia muito, desde grosseira com aspecto de gabro até afanítica, finíssimas, mesmo ao microscópio. Os plagioclásios medem desde 2 cm de comprimento até alguns centésimos de milímetro.

Além dos andesitos pròpriamente ditos, merecem menção, dacitos e os chamados "andesitos côr de carne" encontrados em diques posteriores à grande massa dos andesitos (Leinz e Barbosa, 1941, p. 23)

Ocorre um corpo de serpentinito ao sul de Lavras do Sul (ponto S, fig. 3) com forma de dique, com cêrca de 6 km de comprimento por 400 m de largura, encaixado em gnaisses.

3) Modificações sofridas pelos andesitos

A maioria das rochas intermediárias na região encontra-se bastante alterada, não apenas por intemperismo como também, e principalmente, por efeitos hidrotermais, deutéricos ou mesmo bem posteriores à consolidação das rochas. A alteração hidrotermal mais importante é a propilitização Consiste na substituição de minerais da rocha original por clorita, carbonatos, epídoto, quartzo secundário, magnetita e ocasionalmente, albita. O mais comum é a propilitização alterar completamente os minerais máficos da rocha, poupando os plagioclásios, que permanecem bastante frescos ou são albitizados.

A alteração propilítica não parece estar relacionada com a ocorrência de vieiros hidrotermais metalíferos e também ocorre em áreas onde aquêles são desconhecidos.

E' freqüente a substituição pseudomórfica de minerais máficos por clorita e carbonatos. Permanecendo constante o volume, os minerais lixiviados em parte de uma rocha deverão ser depositados alhures. Daí o aparecimento de clorita e carbonatos, entre outros, em amígdalas e vênulas (Wilshire, 1959, p. 109)

A propilitização poderia ser causada: a — por soluções hidrotermais ligadas às últimas fases do vulcanismo andesítico que produziu a rocha alterada em questão; b — por soluções relacionadas com

uma fase de mineralização; a larga distribuição, horizontal e vertical, da alteração propilítica torna inverossímil esta hipótese; c — por soluções relacionadas à intrusão dos granitos, hipótese que nos parece a mais provável.

E' assaz conhecido o fato de que rochas andesíticas, especialmente as de grã fina, são muito susceptíveis à alteração. Por outro lado, efeitos semelhantes aos produzidos por soluções hidrotermais podem resultar de um metamorfismo regional de grau baixo, de processos diagenéticos e de intemperismo (Wilshire, 1959, p. 105)

B *Tufos e brechas piroclásticas andesíticos*

São freqüentes na região e consistem essencialmente de fragmentos de rochas porfiríticas, que estão mais ou menos alteradas e cuja massa fundamental está limonitizada. Os fragmentos pertencem a diversos tipos texturais de andesitos, sendo ainda abundantes os grãos de plagioclásio, clorita e óxidos de ferro. O arredondamento e a esfericidade dos grãos, bem como o grau de seleção variam muito. Em pràticamente todos os casos observa-se uma mistura do material nìtidamente piroclástico com material clástico comum. Em muitos tufos é certo que tenha havido retrabalhamento, alterando ainda mais a composição, seleção e outras propriedades da rocha.

No campo, os depósitos piroclásticos acham-se interdigitados com lavas de composição semelhante, constituindo pilhas vulcânicas [illegible] individualização.

C *Distribuição no tempo e no espaço*

Podemos classificar essas rochas em três grandes grupos, segundo sua idade

1 — Anteriores ou contemporâneos à série Maricá

Ocorrem aí lavas, sedimentos vulcânicos e rochas metamórficas, possìvelmente correlacionáveis à série Maricá. As lavas, bem como os seixos e grãos incorporados a sedimentos vulcânicos parecem-se muito às lavas descritas acima. Por outro lado, o corpo de serpentinito ao sul de Lavras talvez pertença a esta época. Constituiriam em conjunto os ofiólitos.

2 — Pertencentes à formação andesítica da seqüência vulcânica

Consistem de lavas, brechas e tufos e conglomerados vulcânicos. Distinguem-se dois corpos principais de rochas andesíticas dessa idade na região estudada. O primeiro constitui uma grande massa, incluindo lavas compactas, amigdalóides e aglomeráticas, bem como rochas piroclásticas. Afiora ao norte e a leste de Lavras do Sul. O

segundo grande corpo compreende a falda ocidental da serra de Santa Bárbara e o sul do planalto da Ramada. Avultam aí os conglomerados, sendo as lavas e piroclásticas subordinadas.

Não se conseguiu determinar uma diferença sensível de textura ou composição, seja entre as rochas das duas principais áreas de ocorrência, seja entre as lavas por um lado e os numerosos diques por outro.

3 — Contemporâneas à base da série Camaquã

São conhecidos diversos corpos de andesito vesicular dentro da série Camaquã. Acham-se próximo à sua base e apresentam no máximo algumas dezenas de metros de espessura.

Parece que estas rochas foram menos afetadas pela propilitização e contêm menos carbonatos que os andesitos mais antigos. Êstes critérios não bastam, entretanto, para distinguir, mesmo com os dados de campo, um andesito dessa idade de outros pertencentes, seja à formação andesítica da seqüência vulcânica, seja à série Maricá.

VII — ROCHAS SEDIMENTARES E METAMÓRFICAS DERIVADAS DE ANDESITOS

A. *Sedimentos vulcânicos*

Na região examinada, encontram-se sedimentos vulcânicos em diversos níveis da coluna geológica. Assim, a série Maricá parece ser constituída em grande parte por arenitos tufosos, grauvacas e conglomerados compreendendo apreciável contribuição de material vulcânico, especialmente andesítico e riolítico.

Na seqüência vulcânica e na base da série Camaquã encontram-se conglomerados vulcânicos, possìvelmente depositados por torrentes de lama.

1) Sedimentos vulcânicos na série Maricá

Os conglomerados são sempre muito ricos em matriz, constituindo grauvacas ou folhelhos com seixos. Êstes são geralmente caracterizados por seu arredondamento excelente e alto grau de esfericidade. Contam-se entre os seixos dos conglomerados, granitos, gnaisses, quartzitos, bem como andesitos e riólitos. Êstes últimos parecem-se bastante com rochas de outras idades, descritas acima.

As grauvacas e arenitos tufosos constituem provàvelmente mais da metade do total de rochas sedimentares na série Maricá. Apresentam-se em leitos decimétricos persistentes, alternando-se muitas vêzes com leitos de folhelho chocolate. Outras ocorrências são cons-

tituídas por espêssas sucessões de rochas de granulação média, sem intercalações importantes de folhelho. As espessuras podem elevar-se a muitas centenas de metros.

Megascòpicamente, estas rochas têm côr creme, com ligeiro tom arroxeado. São muito bem consolidadas, distinguindo-se bem dos arenitos Camaquã que ocorrem na região, tanto pelo grau de cimentação como pela côr

As estruturas sedimentares observadas nestas rochas compreendem alternância de leitos de grauvaca e folhelho, com aspecto resedimentado, estratificação cruzada, marcas de onda, acamamento regular e persistente e, raramente, "acamamento gradual" ("graded bedding")

Trata-se de rochas com grau de seleção de médio a baixo, arredondamento dos grãos geralmente baixo. Os componentes mais importantes são: quartzo, plagioclásio, fragmentos de lavas intermediárias, óxidos de ferro e clorita. A porcentagem de matriz é freqüentemente importante, sendo constituída por um ou mais dos seguintes: clorita, calcita, calcedônia e caolim?

Os grãos de lavas, supostamente andesíticas, estão muito alterados, distinguindo-se apenas a textura pilotaxítica ou traquítica, graças à disposição de feldspatos alterados em uma massa fundamental limonitizada.

Ocorrem ainda fragmentos de vidro com formas côncavas, bem como quartzo em lascas que sugerem curto transporte e origem vulcânica. Ocasionalmente pudemos reconhecer grãos de lavas ácidas e ardósias.

Adotamos a classificação de Packham (1954) que sugeriu o uso de estruturas sedimentares para determinar se um certo arenito foi depositado em água rasa por correntes de tração ou em água profunda por correntes de turvação ("turbidity currents") No primeiro caso, teríamos arenitos (*sensu stricto*) e no segundo, grauvacas.

Julgamos que as rochas em questão têm mais caracteres que as aproximam dos depósitos de correntes de turvação; conseqüentemente, colocamo-las entre as grauvacas. Seriam grauvacas lábeis seg. Packham, dada a grande porcentagem de grãos instáveis, especialmente de feldspato e de grãos de rocha.

Quantos aos folhelhos, relativamente abundantes, bem endurecidos e freqüentemente de côr chocolate, nada pudemos adiantar sôbre a origem de seus constituintes.

2) Conglomerados vulcânicos andesíticos

Constituem espêssos pacotes podendo chegar, localmente a mais de 100 m. Apresentam má seleção, estratificação indistinta, teor de seixos 2-3 vêzes inferior ao de matriz. Os seixos são constituídos

predominantemente de andesitos de diversos tipos texturais, ocorrendo ainda seixos de granito, gnaisse, quartzito, riólito, etc. O arredondamento dos seixos é baixo a regular. As côres são castanho-avermelhadas e esverdeadas.

Vários caracteres destas rochas parecem apontar para uma origem de "lahar" têrmo indonésio que designa brechas vulcânicas transportadas por torrentes de lama (van Bemmelen, 1949, p. 191)

Os conglomerados vulcânicos são portanto oriundos do rápido desgaste de uma região vulcânica provàvelmente ativa na ocasião, já que se encontram lavas andesíticas entre as brechas.

B. *Metamorfitos*

Na região examinada ocorrem diversos corpos de rocha com um grau de metamorfismo baixo a médio, fácies de xisto verde a anfibolito, segundo Eskola. Muitas destas rochas resultam claramente do metamorfismo de rochas ígneas básico-intermediárias, em grande parte lavas, havendo também rochas piroclásticas e intrusivas metamorfozeadas. Esta verificação foi feita tendo-se em vista as relações de campo, composição mineralógica e texturas palimpsésticas das mencionadas rochas.

Já D. Guimarães descreveu andesitos cisalhados nas jazidas de cobre de Primavera e Andradas, a sudoeste de Caçapava do sul (*in* Carvalho, 1929, p. 51)

Foi possível reconhecer texturas blastoamigdaloides, blastofíticas, blastopilotaxíticas, blastoporfiríticas. As rochas apresentam freqüentemente côres esverdeadas, grande resistência ao choque do martelo, granulação variável de fina a grosseira.

Minerais comuns são albita, clorita, epídoto, hornblenda-actinolita, piroxênio incolor, quartzo, carbonatos e magnetita, constituindo freqüentemente a massa fundamental, hoje granoblástica. Fenocristais reliquiários de andesina ou oligoclásio sobrevivem por vêzes numa massa cataclástica, mais ou menos recristalizada.

São numerosos na região os clorita-xistos e anfibolitos desprovidos de texturas palimpsésticas e cujas relações de campo não foram investigadas. Parte dêstes poderiam ser derivados de andesitos ou grauvacas.

Os metamorfitos a noroeste do "stock" de Caçapava e os que o rodeiam parecem ser correlacionáveis à série Maricá. Efetivamente, ocupam a mesma posição na sucessão estratigráfica, possuem litologia semelhante e algumas passagens graduais puderam ser notadas. Recentemente, J. F Robertson teria achado provas de que estas rochas metamórficas seriam mais antigas que a série Maricá e portanto, não correlacionáveis com ela (informação verbal) Tais rochas deverão ser nesse caso, consideradas parte da série Porongos.

VIII — GRANITOS

Ocorrem na região vários corpos de granito mais recentes que o embasamento cristalino antigo.

A. *Granito Caçapava*

Forma um "stock" alongado na direção norte-sul com cêrca de 25 km de comprimento e 10 km de largura em média.

Megascòpicamente, o granito tem côr róseo-clara e acha-se foliado em tôda a massa. Em certos pontos, notam-se massas graníticas de côr cinza.

Microscòpicamente, o granito róseo apresenta textura hipidiomorfa granular, com aspecto mais ou menos cataclástico Consiste de quartzo, ortoclásio, oligoclásio e minerais coloridos. O granito cinza apresenta porcentagem mais elevada de minerais coloridos, e de plagioclásio, em relação ao róseo Entre os minerais escuros notam-se, no granito róseo, biotita e magnetita e no granito cinza, biotita, clorita, allanita, titanita, apatita e magnetita. Ocasionalmente encontra-se muscovita.

O granito apresenta uma orientação planar conspícua entre norte-sul e N 30° E, concordante em grandes traços com a xistosidade das rochas encaixantes. Uma "ilha" de granito está situada a sudeste do "stock", separada dêle por uma estreita faixa xistosa.

Nas proximidades do granito, observa-se nos xistos uma aureóla cornubianítica (Leinz e Barbosa, 1941, p. 14)

O contacto não é nítido e entre o "stock" e os xistos encaixantes fica uma zona de transição com largura variável de algumas centenas de metros até um km. Observa-se que caminhando do granito para os xistos, aparecem lentes cada vez mais possantes dêste, separadas por corpos cada vez mais delgados de granito. Gradualmente, penetra-se na massa do xisto encaixante e os "diques" de granito vão rareando; termina assim a zona de contactos. A direção das inclusões de xisto e dos corpos tabulares de granito varia entre N 20° — 30° E, sendo os mergulhos variáveis de 0° a 90° A direção é aproximadamente a regional dos xistos.

Não se notou diminuição da granulação do granito nas proximidades do contacto

O padrão de afloramento dos xistos e da série Maricá sugere que o granito se tenha introduzido em um grande anticlinório durante a fase diastrófica. Nota-se que o "stock" é parcialmente concordante, seja porque se tenha orientado segundo a direção de compressão predominante, seja por ter sido injetado em zonas de fraqueza dos xistos.

Também neste caso, o problema da origem e *mise-en-place* do granito admite mais de uma solução

Diversos fatôres falam a favor de uma origem magmática. A estrutura, interpretada como fluidal, primária, constituindo um domo; os contactos gradacionais e a abundância de diques invadindo a encaixante, interpretados como influência decrescente do granito no sentido radial; a textura cataclástica, atribuída ao movimento viscoso do granito quase consolidado; a circunstância de que os eixos das dobras no xisto são mais íngremes junto ao contacto do granito do que mais longe dêle. Isso indicaria que o granito amarrotou sua encaixante, criando assim, lugar para si (Buddington, 1959, p. 697)

Por outro lado, sugerem uma origem por transformação a concordância geral da direção de foliação do granito com a da encaixante, bem como os contactos graduais; a ausência de diminuição da granulação do granito junto ao contacto com uma encaixante presumìvelmente mais fria; a feldspatização dos xistos; a intercalação concordante de uma faixa de granito escuro no granito róseo foliado, na saída oeste de Caçapava para a estrada dos Lanceiros; isso indicaria possìvelmente transformação de leitos de xistos com composições diferentes. Encontramos ainda, allanita zonada, idiomorfa, tanto nos xistos da região como no granito escuro, com o mesmo aspecto.

Infelizmente, nenhum dos indícios acima descritos, ou o seu conjunto, esclarecem a questão da origem do granito.

B — *Granito Lavras*

Constitui um "stock" aproximadamente equidimensional, com um diâmetro médio de 10 km.

E' formado de granito tendendo a alaskito (Leinz e Barbosa, 1941, p. 14), porfiróide, com uma diferenciação granodiorítica formando um arco ao norte do maciço (.R F Johnson, informação verbal)

A textura porfiróide deve-se a "fenocristais" de ortoclásio de até 3 cm de comprimento, freqüentemente envolvidos por uma capa de albita-oligoclásio, dando ao conjunto um contôrno elipsoidal. A massa granular é constituída por quartzo, ortoclásio, plagioclásio sódico, biotita passando a clorita e hornblenda.

Todo o aspecto dêste granito sugere ausência ou pouca intensidade de modificações. As zonas de cisalhamento são raras e as próprias diáclases são espaçadas.

Da mesma maneira como em Caçapava, o granito penetrou em uma estrutura dômica, compreendendo de dentro para fora, a série Maricá, os andesitos da seqüência vulcânica e a série Camaquã. Para sul e sudoeste do "stock" ocorrem xistos, gnaisses e granitos do embasamento cristalino antigo.

Condizente com o aspecto pouco movimentado do granito, as encaixantes não mostram muito tectonismo. No contacto do granito com grauvacas e arenitos tufosos da série Maricá, na estrada que sai de Lavras com rumo sudeste, observa-se uma faixa de alguns decímetros intensamente sericitizada, dando à rocha um aspecto cozido Os sedimentos não apresentam movimentação maior

No contacto com a grande massa de andesitos para norte e nordeste do "stock", há uma auréola de algumas centenas de metros de espessura de hornfels. Nesta área, na estrada de Lavras para a estância do sr. João Souza, perto da jazida de ouro e cobre de Volta Grande, observaram-se dois diques de adamellito-pórfiro cortando o andesito. A ocorrência foi descoberta pelo geólogo R. F. Johnson que para ela chamou a atenção do autor A encaixante apresenta cristais de quartzo e ortoclásio, certamente devidos à ação do granito. O hornfels, perto do contacto com o granito, apresenta-se bem compacto, com textura blastoporfirítica. Fenocristais reliquiares de labradorita sericitizada e diopsídio substituído por hornblenda na margem, são delineados por pequenos grânulos neo-formados de biotita, hornblenda, magnetita, apatita, quartzo xenomorfo, provàvelmente introduzido.

Noutros pontos, nota-se a reabsorção dos minerais fêmicos originais, bem como dos plagioclásios, restando apenas vestígios dos contornos dêsses minerais. A massa é granular, compreendendo hornblenda, biotita, magnetita, epídoto, quartzo e apatita. Localmente, observam-se grandes cristais de albita e pertita substituindo plagioclásio cálcico.

O contacto granito com andesito está magnìficamente exposto num barranco de sanga a cêrca de 500 m a sudoeste do veio novo, na ocorrência de ouro e cobre de Volta Grande. A encaixante acha-se atravessada por veios graníticos desde 30 cm até alguns milímetros de espessura. Êste afloramento foi mostrado ao autor pelos profs. Juan C. Goñi e Eros Gavronski, da Universidade do Rio Grande do Sul.

IX — CORRELAÇÕES ESTRATIGRÁFICAS COM ESTADOS E PAÍSES VIZINHOS

A correlação das camadas sedimentares e vulcânicas do chamado escudo sul-riograndense com ocorrências homólogas nos estados e países vizinhos não é fácil. Foi tentada já por Leinz e Barbosa (1941, p. 8) e evoluiu pouco nestes últimos vinte anos.

No Uruguai, rochas efusivas ácidas e básicas ocorrem na série Lavalleja (anteriormente conhecida como série Minas do Uruguai), considerada algonquiana, e na série Lascano (anteriormente Aiguá), considerada pós-proterozóica, talvez pré-devoniana e, segundo alguns,

até mesmo cretácea. E' na série Lascano que aparecem arenitos compostos por grãos de rochas efusivas lembrando as grauvacas da série Maricá. Tais arenitos foram intensamente dobrados antes de serem recobertos por outros derrames, indicando uma longa atividade vulcânica (Caorsi, Goñi, 1958, pp. 20-21)

No Paraná e em Santa Catarina ocorrem riólitos pré-devonianos associados a rochas arcosianas, sem fragmentos de rochas vulcânicas (Leinz, 1936; Almeida, 1949; Coutinho, 1955) Já Leinz e Barbosa (1941) e Freitas (1945) procuraram correlacionar a série Itajaí de Santa Catarina com a série Camaquã do Rio Grande do Sul, para o que, entretanto, faltam dados mais concretos. Quanto aos tipos de rochas encontrados aí, não se conhecem andesitos, nem entre os riólitos, ignimbritos, tão característicos das rochas vulcânicas do Rio Grande do Sul. Aliás, O. Barbosa (1957, p. 27) declara ter reconhecido ignimbritos entre os riólitos de Campo Alegre, no norte de Santa Catarina. Nossos exames de campo, laboratório e literatura não puderam confirmá-lo.

Rochas riolíticas e localmente, básico-intermediárias, são conhecidas na República do Paraguai (Eckel, 1959), mas, por motivos óbvios e correlação é ainda mais duvidosa do que a de outras regiões mencionadas.

As maiores dificuldades na correlação são: o pouco conhecimento que se tem de pormenores das rochas e da estratigrafia, tanto no Rio Grande do Sul como nas regiões circunjacentes; a falta de continuidade das formações em questão, separadas por centenas de quilômetros de depósitos mais modernos; e, finalmente, a probabilidade de que mudanças normais de fácies sedimentar e tipos de rochas vulcânicas dificultam o reconhecimento de formações litològicamente dissemelhantes, mas síncronas.

Limitamos-nos, por conseguinte, à correlação da série Lascano do Uruguai com a série Maricá e seqüência vulcânica do Rio Grande do Sul; e esta última e mais a série Camaquã com a série Itajaí e com os riólitos de Santa Catarina, bem como com os arcósios e riólitos da região de Piraí-Castro no Paraná. Dado o escasso número de dados, tais correlações devem ser consideradas tentativas.

X — SINOPSE GEOLÓGICA

A região centro-sul do Rio Grande do Sul foi outrora ocupada por uma bacia onde foram depositadas consideráveis quantidades de grauvacas e rochas vulcânicas.

O vulcanismo que afetou a região, compreendendo associação de lavas e tufos andesíticos, olivina-basaltos e riólitos é altamente característico, em faixas geossinclinais, como acompanhante de oro-

gênese, especialmente em suas fases posteriores (Turner e Verhoogen, 1960, p. 272)

Os sedimentos vulcânicos, lavas olivínicas e serpentinito da série Maricá sugerem fortemente a existência de uma fase vulcânica "inicial", pré-orogenética (ofiólitos) (de Sitter, 1956)

Ainda na série Maricá, deu-se a sedimentação de grandes espessuras de grauvacas com características de redeposição. Essas rochas, mal selecionadas e ricas em minerais instáveis, foram cobertas antes que os agentes do meio pudessem operar sôbre elas. Dado o rápido influxo de material detrítico, rochas não-clásticas são raras em relação às clásticas (Krumbein e Sloss, 1955, p. 352) Está indicada uma bacia em rápida subsidência, recebendo material abundante de uma área que está sendo enèrgicamente levantada.

Após o paroxismo do dobramento da série Maricá, durante o qual pode ter havido alojamento de granitos em profundidade, houve o vulcanismo pós-orogenético da seqüência vulcânica, com andesitos e riólitos.

As grandes quantidades de material riolítico encontradas nesta e noutras regiões tornam difícil aceitar sua origem por diferenciação magmática normal, segundo Bowen. Ter-se-ia formado um magma riolítico secundário a partir da refusão de rochas da crosta.

O granito de Caçapava poderia ser mais antigo que a seqüência vulcânica, enquadrando-se entre os granitos sintectônicos, o que, aliás, seria apoiado por sua estrutura. O granito de Lavras seria pós-tectônico, posterior ao vulcanismo "subseqüente" da seqüência vulcânica, e talvez mais recente mesmo do que a série Camaquã.

Em resumo, as características dos sedimentos e das rochas vulcânicas encontradas sugerem deposição numa bacia do tipo geossinclinal, possìvelmente intracratônica, que sofreu considerável subsidência, tendo sido preenchida e, posteriormente, dobrada. Em determinadas zonas, especialmente na região de Caçapava, o diastrofismo provocou metamorfismo regional de intensidade moderada e formação de granitos em profundidade. Com o término da fase de dobramento mais intenso, verificou-se importante vulcanismo, seguido da intrusão do granito Lavras, posterior talvez à grande massa de sedimentos clásticos continentais, predominantemente grosseiros, da série Camaquã.

XI — BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, F. F. M. de (1949) — Novo campo de riólitos e tufos no sul do Brasil: Min. e Met., v. 14, pp. 101-103.

AMERICAN GEOLOGICAL INSTITUTE (1957) — Glossary of geology and related sciences: Nat. Res. Coun. Publ. 501 (J. V. Howell, coord.), Washington, 325 pp.

BARBOSA, A. F. (1958) — Alguns aspectos da mineralização de cobre e da pesquisa das jazidas do Seival, Estado do Rio Grande do Sul, Tese de concurso apresentada à Escola Politécnica da U.S.P., 80 pp.

BARBOSA, OCTÁVIO (1957) — Observações e comparações sôbre algumas ocorrências vulcânicas no Perú, no México e no Brasil: Brasil, D.N.P.M., D.G.M., Bol. 167, 43 pp.

BASCOM, FLORENCE (1893) — The structures, origin and nomenclature of the acid volcanic rocks of South Mountain: Jour. Geol., v. 1, pp. 813-832.

BATTEY, M. H. (1955) — Alkali metasomatism and the petrology of some keratophyres: Geol. Mag., v. 92, pp. 104-126.

van BEMMELEN, R. W. (1949) — The geology of Indonesia, v. IA, Govt. Printing Office, The Hague, 732 pp.

BORDET, PIERRE (1958) — À propos des ignimbrites. Soc. Géol. France, C. R. Som. Sc., n. 5 (3 Fév. 1958), pp. 77-80.

BOULADON, JEAN e JOURAVSKY, GEORGES (1954) — Les ignimbrites du Précambien. III de Tiouine et du sud marocain: Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc, n. 120, pp. 37-58.

BUDDINGTON, A. F. (1959) — Granite emplacement with special reference to North America: Geol. Soc. Amer., Bull. v. 70, pp. 671-747.

CAORSI, J. H., e GOÑI, J. C. (1958) — Geologia uruguaya. Inst. Geol. Urug., Bol. 37, Montevideo, 73 pp.

CARVALHO, P F. de (1929) — Reconhecimento geológico efetuado no município de Caçapava: Brasil, Serv. Geol. Min., Rel. An. Dir., 1928, pp. 41-55.

—— (1932) — Reconhecimento geológico no estado do Rio Grande do Sul: Brasil, Serv. Geol. Min., Bol. n. 66, 72 pp.

COOK, E. F. (1957) — Stratigraphic and structural utility of layered volcanic rocks: XX Congr. Geol. Intern., Seccion I, pp. 189-203.

—— (1959) — Ignimbrite bibliography: Idaho Bureau of Mines and Geology, Inform. Circ. n. 4, 30 pp.

COUTINHO, J. M. V. (1955) — Geologia e Petrologia da região de Piraí do Sul, Paraná: Soc. Bras. Geol., Bol. v. 4, pp. 49-65.

DEMAY, ANDRE' (1953) — Sur la structure et la génèse de quelques types de microgranites et d'aplites et de granites, présentant quelques caractères microgranitiques: XIX e. Cong. Géol. Intern., C. R., v. 6, pp. 139-151.

ECKEL, E. B. (1959) — Geology and resources of Paraguay — a reconnaissance: U. S. Geol. Sur., Prof. Paper 327, 110 pp.

ENLOWS, H. E. (1955) — Welded tuffs of Chiricahua National Mounment, Geol. Soc. Amer., Bull. v. 66, pp. 1215-1246.

FENNER, C. N. (1937) — Tuffs and other volcanic deposits of Katmai and Yellowstone Park: Am. Geophys. Un., Trans., 18 th Ann. Meet., pp. 236-239.

—— (1950) — The chemical kinetics of the Katmai eruption: Am. Jour. Sci., v. 248, pp. 593-627; 697-725.

FREITAS, R. O. de (1945) — O conglomerado do Baú (série Itajaí, Santa Catarina): Univ. S. Paulo, Fac. Fil., Ciên. Letr., Bol. 50 (Geol. n. 2), pp. 35-115.

FULLER, R. E. (1927) — The mode of origin of the color of certain varicolored obsidians: Jour. Geol., v. 35, pp. 570-573.

GÈZE, BERNARD (1957) — Réflexions sur les ignimbrites et les laves acides: Soc. Géol. France, C. R. Som. Sc., n. 15 (2 Déc. 1957), pp. 348-351.

GILBERT, C. M. (1938) — Welded tuff in Eastern California: Geol. Soc. Amer., Bull., v. 49, pp. 1829-1862.

GRANGE, L. J (1937) — The geology of the Rotorua — Taupo Subdivision — Rotorua and Kaimanawa Divisions: New Zeal. Geol. Sur., Bull. n. 37, 138 pp.

HJELMQVIST, SVEN (1956) — On the occurrence of ignimbrite in the Pre-Cambrian: Sver. Geol. Undersok., ser. C, n. 542, pp. 3-11.

IDDINGS, J. P (1887) — Nature and origin of lithophysae and the lamination of acid lavas: Am. Jour. Sci. III, v. 33 (133), pp. 36-44.

JOHANNSEN, ALBERT (1937) — A descriptive petrography of the igneous rocks: v. III, University of Chicago Press, Chicago, 360 pp.

KRUMBEIN, W. C., e SLOSS, L. L. (1955) — Stratigraphy and sedimentation: W. H. Freeman and Co., San Francisco, 497 pp.

LEINZ, VIKTOR (1936) — Os porphyros de Castro: Acad. Bras. Ciên., Anais, v. 8, pp. 305-310.

—— (1939) — Problema geológico do post-arqueano no Rio Grande do Sul: Min. e Met., v. 4, pp. 203-206.

LEINZ, VIKTOR, e BARBOSA, A. F. (1941) — Mapa geológico Caçapava-Lavras: Rio Grande do Sul, Dir. Prod. Min., Bol. n. 90, 39 pp.

MACKIN, J. H. (1960) — Structural significance of Tertiary volcanic rocks in Southeastern Utah: Am. Jour. Sci., v. 258, pp. 81-131.

MARTIN, R. C. (1959) — Some field and petrographic features of American and New Zealand ignimbrites: New Zeal. Jour. Geol. Geophys., v. 2, pp. 394-411.

MAU, HENRY (1959) — "Ignimbritos" na região de Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul: Eng., Min. e Met., v. 29, pp. 13-14.

MC TAGGART, K. C. (1960) — The mobility of nuées ardentes: Am. Jour. Sci., v. 258, pp. 369-382.

MELCHER, G. C., e MAU, HENRY (1960) — Novas observações geológicas na região de Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul, Acad. Bras. Ciên., Anais, v. 32, pp. 43-50.

PACKHAM, G. H. (1954) — Sedimentary structures as an important factor in the classification of sandstones: Am. Jour. Sci., v. 252, pp. 466-476.

PERRET, F. A. (1935) — The eruption of Mt. Pelée 1929-1932: Carnegie Inst. Washington, Pub. 458, 125 pp.

PIRSSON, L. V. (1915) — The microscopical characters of volcanic tuffs — a study for students: Am. Jour. Sci., 4th Ser., pp. 191-211.

REYNOLDS, D. L. (1954) — Fluidization as a geological process, its bearing on the problem of intrusive granites: Am. Jour. Sci., v. 252, pp. 577-613.

SCHENK, H. G. e MULLER, S. W. (1941) — Stratigraphic terminology. Geol. Soc. Amer., Bull. v. 52, pp. 1419-1426.

de SITTER, L. U. (1956) — Structural Geology: Mc Graw-Hill Book Co., Inc., New York, 552 pp.

SMITH, R. L. (1960) — Ash Flows: Bull. Geol. Soc. Amer., v. 71, pp. 795-842.

TROEGER, W. E. (1956) — Optische Bestimmung der Gesteinsbildenden Minerale — Teil 1, Bestimmungstabellen, Stuttgart, 147 pp.

TURNER, F. J., e VERHOOGEN, JOHN (1960) — Igneous and metamorphic petrology: Mc Graw-Hill Book Co., New York, 694 pp.

VLODAVIETZ, V. I. (1953) — Sôbre algumas lavas tufáceas de Semiachiksk e sua origem (em russo): Acad. Ciên. U.R.S.S., Bull., ser. geol., n. 3, pp. 96-106.

—— (1957) — Sôbre a origem da rocha geralmente chamada lava tufácea ou ignimbrito (em russo): Laborat. Vulcanol., Trans., n. 14, pp. 3-16.

WALTHER, KARL (1912) — Zur Geologie der Gegend von Seibal in Staat Rio Grande do Sul and ihrer Kupfererzlagerstaetten: Zeits. f. Prakt. Geol., Jg. 20, pp. 404-414.

WESTERVELD, JAN (1942) — Welded rhyolitic tuffs or "ignimbrites" in the Pasoemah region, West Palembang, South Sumatra: Leids. Geol. Meded., v. 13, pp. 202-217.

WEYL, RICHARD (1954) — Beitraege zur Geologie El Salvadors: V — die Schmelztuffe der Balsamkette: Neues Jb. Geol. Pal., Abh., v. 99, pp. 1-32.

WILLIAMS, HOWEL (1941) — Calderas and their origin: Dept. Geol., Univ. Calif., Bull. v. 25, pp. 239-346.

WILLIAMS, HOWEL et al. (1954) — Petrography: and introduction to the study of rocks in thin sections: W. H. Freeman and Co. San Francisco, 406 pp.

WILSHIRE, H. G. (1959) — Deuteric alteration of volcanic rocks: Roy. Soc. N. S. W., Jour. Proceed., v. 93, pp. 105-120.

von WOLFF, FERDINAND (1929, 1931) — Der Vulkanismus, v. II, 1-2, Ferdinand Enke, Stuttgart, 1111 pp.

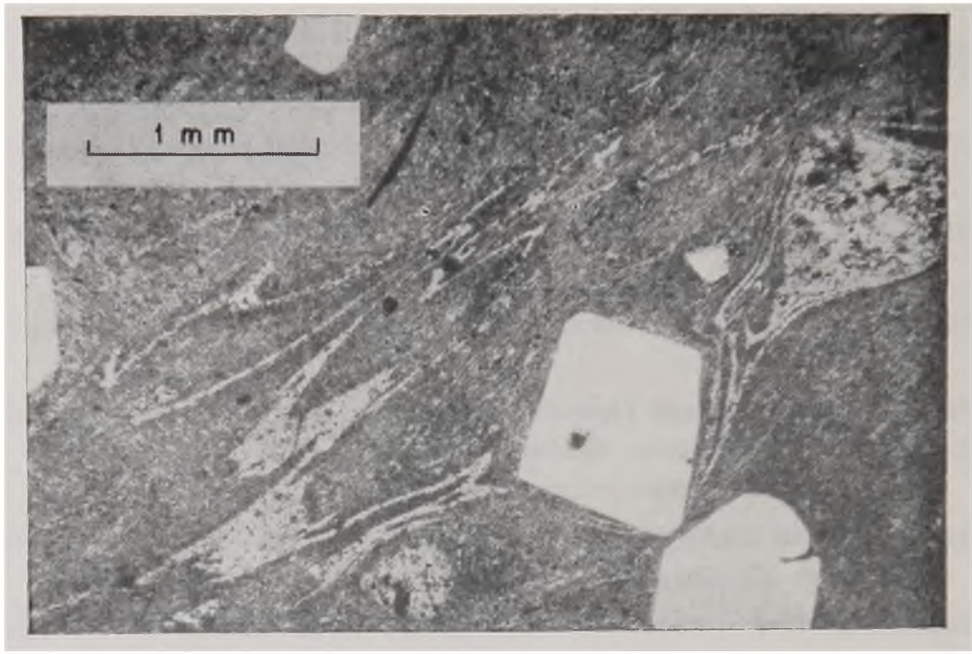

Fig. 6 — Transição de ignimbrito para riólito. Tôpo da secção 2, Cêrro Partido. Fotomicrografia de F. Penalva.

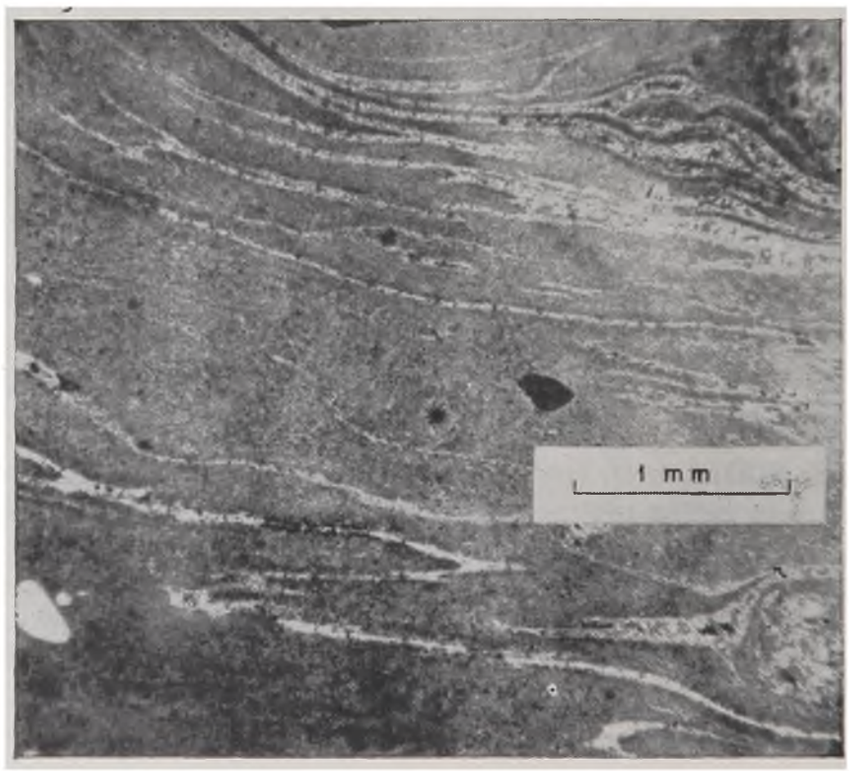

Fig. 7 — Transição de ignimbrito para riólito. Tôpo da secção 2, Cêrro Partido. Fotomicrografia de F. Penalva.

Fig. 8 — Diaclasamento colunar no ignimbrito. Centro da secção 2.

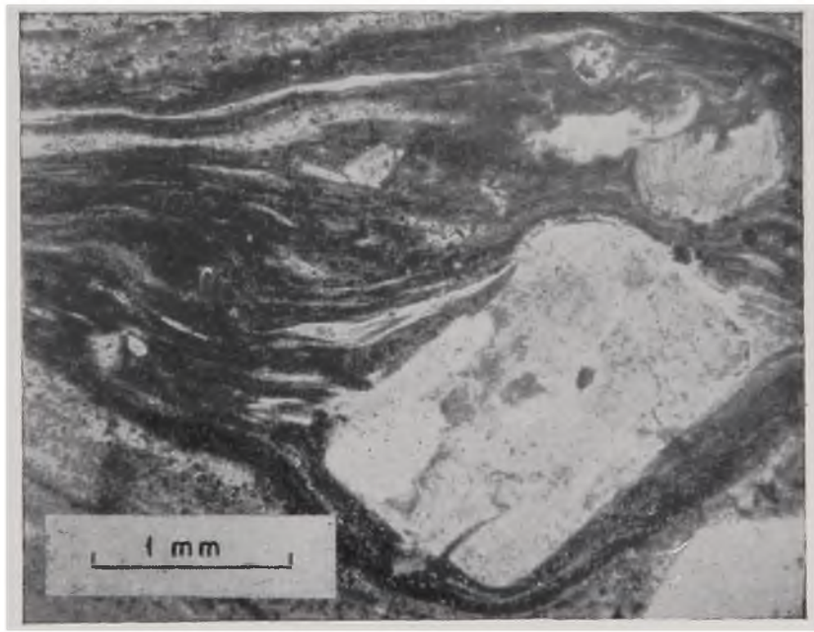

Fig. 9 — Ignimbrito intensamente soldado. Secção 3. Fotomigrafia de F. Penalva.

Fig. 10 — Ignimbrito recristalizado. Secção 4, tipo 1. Fotomicrografia de F. Penalva.

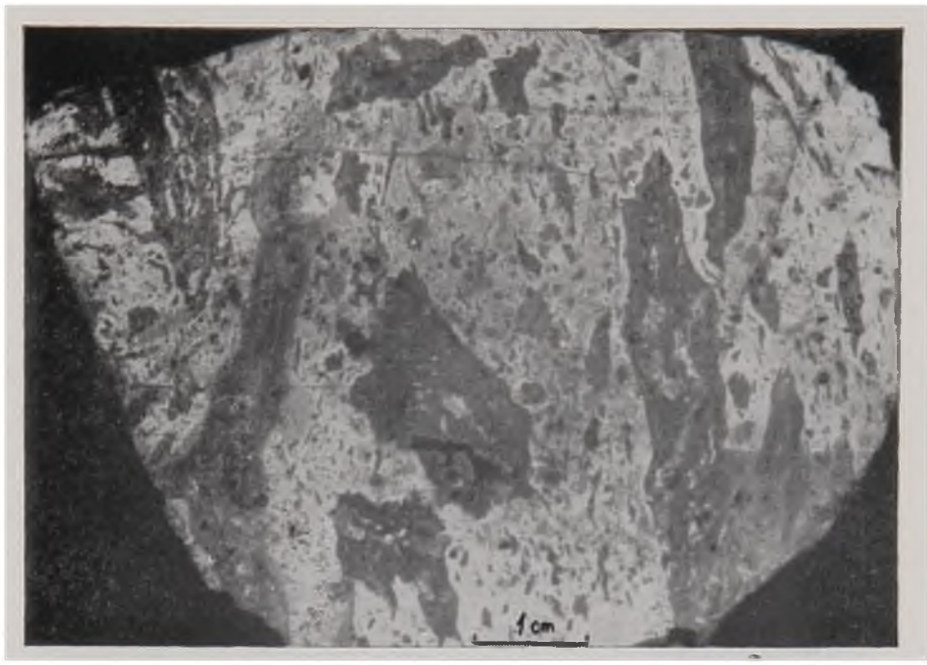

Fig. 11 — Ignimbrito pouco soldado. Secção 4, tipo 2. Notar as lenticulas.

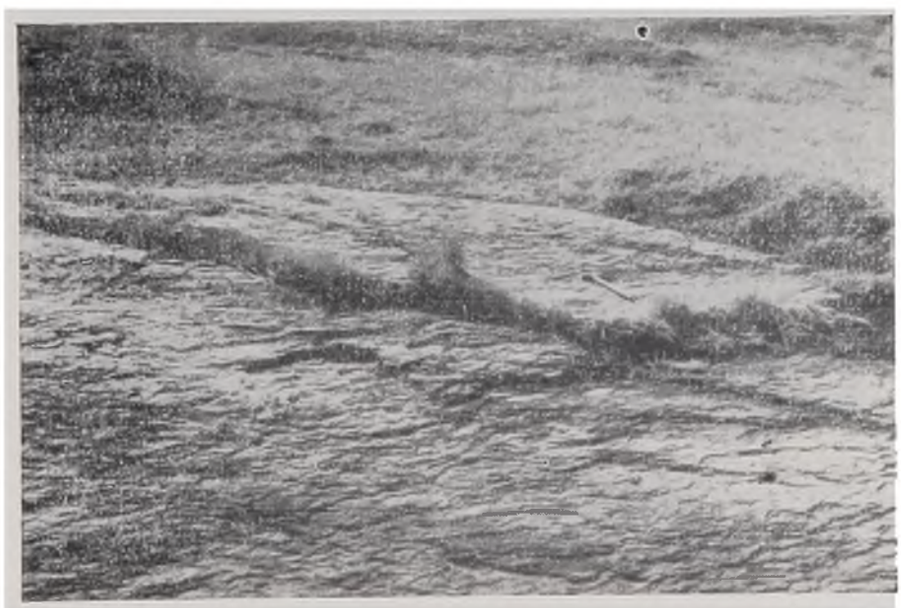

Fig. 12 — Ignimbrito intemperizado. Secção 6. Notar a foliação e o diaclasamento colunar.

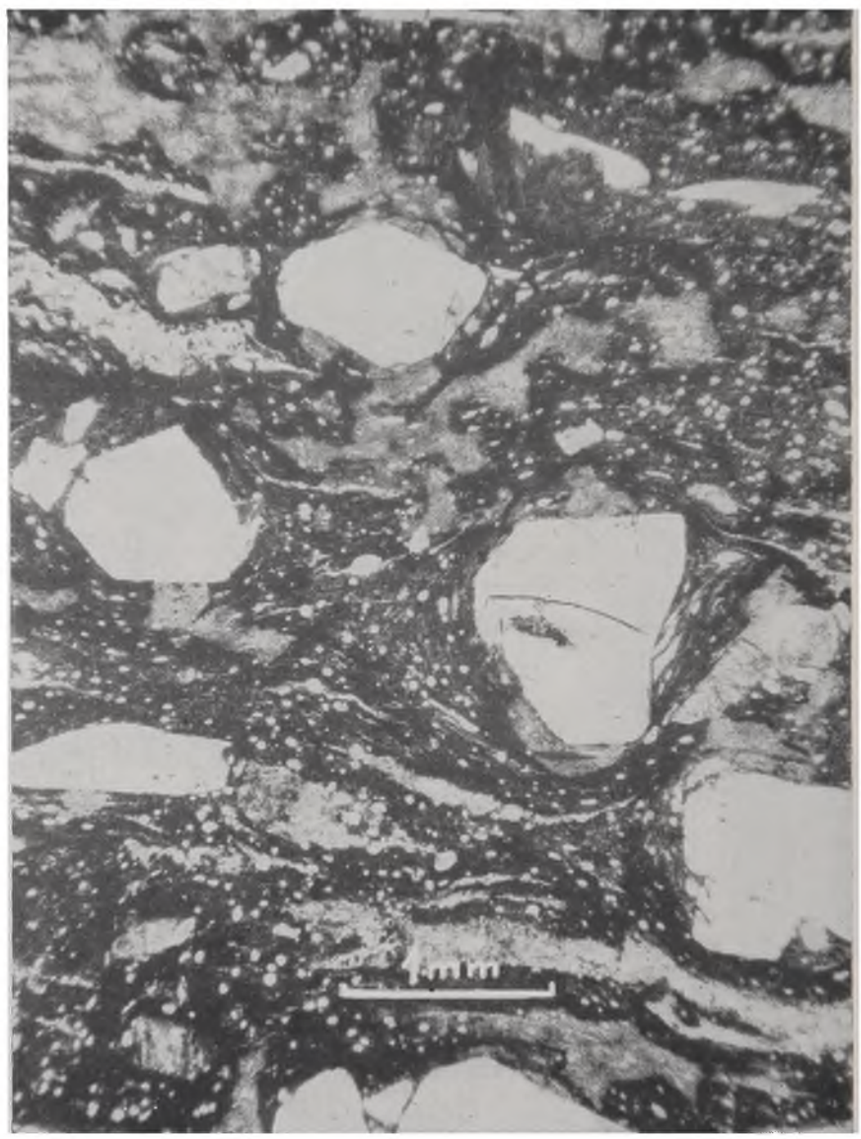

Fig. 13 — Ignimbrito bem soldado com "nódulos de quartzo". Secção 6. Fotomicrografia de F. Penalva.

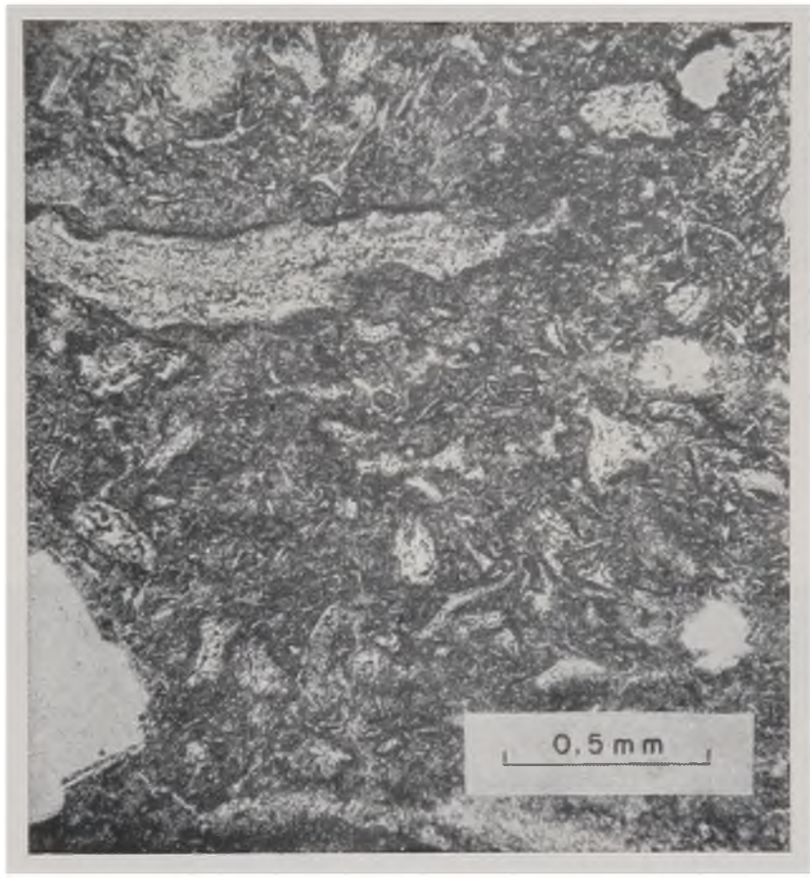

Fig. 14 — Ignimbrito pouco soldado. Secção 7. Notar lentículas e fragmentos de vidro. Fotomicrografia de F. Penalva.

Fig. 15 — Ignimbrito bem soldado. Secção 10. Notar fragmentos de vidro. Aumento, 30 x.

Fig. 16 — Afloramento de queratófiros com textura fluidal, próximo à foz do arroio Pecegueiros.

Índice

Abstract .. 5
Sumário .. 7
I — Introdução .. 9
II — Geologia Geral .. 11
III — Ignimbritos .. 14
A — Ignimbritos em geral .. 14
1 — Definição .. 14
2 — Origem .. 16
3 — Características dos ignimbritos .. 17
a — Terminologia empregada .. 17
b — Distinção entre ignimbritos, tufos e lavas .. 18
B — Ignimbritos do Rio Grande do Sul .. 19
1 — Generalidades .. 19
2 — Área de ocorrência e volume dos ignimbritos .. 20
3 — Fisiografia e estrutura .. 21
A) Planalto da Ramada .. 21
B) Serra da Santa Bárbara .. 21
4 — Secções geológicas .. 22
a — Planalto da Ramada: Base da sucessão de ignimbritos .. 22
Secção 1: Estrada Lavras — Estância Vista Clara .. 22
Secção 2: Cerro Partido .. 25
Secção 3: Escarpa Nordeste da Ramada 26
Secção 4: Graben ao sul do planalto .. 26
Secção 5: Marco da Ramada .. 27
b — Serra de Santa Bárbara .. 28
Secção 6: Estância Gaspar Teixeira .. 28
Secção 7: Escarpa Oriental da Serra de Santa Bárbara (sul) .. 28
Secção 8: Cerro das Furnas .. 29
Secção 9: Nordeste da serra .. 29
Secção 10: Extremidade da serra .. 30
5 — Correlação dos ignimbritos .. 30
a — Planalto da Ramada .. 31
b — Serra de Santa Bárbara .. 31

ó — Fenômenos de recristalização 31
a — Cavidades alongadas 32
b — "Nódulos quartzosos" 32
IV — Lavas e Tufos Ácidos 32
A — Texturas e modificações das lavas .. 33
B — Riólitos e vitrófiros 34
C — Queratófiros 35
D — Tufos e brechas piroclásticas ácidas .. 36
E — Distribuição no tempo e no espaço 36
1 — Vulcanitos ácidos da série Maricá ou anteriores 36
2 — Formação riolítica da seqüência vulcânica .. 37
V — Transições De Ignimbritos Para Riólitos .. 37
VI — Andesitos E Rochas Piroclásticas Andesíticas 40
A — Lavas 41
1 — Minerais constituintes 42
2 — Texturas das lavas 43
3 — Modificações sofridas pelos andesitos 43
B — Tufos e brechas piroclásticas andesíticos .. 44
C — Distribuição no tempo e no espaço 44
VII — Rochas Sedimentares E Metamórficas Derivadas De Andesitos 45
A — Sedimentos vulcânicos 45
1 — Sedimentos vulcânicos na série Maricá 45
2 — Conglomerados vulcânicos andesíticos 46
B — Metamorfitos 47
VIII — Granitos 48
A — Granito Caçapava 48
B — Granito Lavras 49
IX — Correlações Estratigráficas Com Estados E Países Vizinhos 50
X — Sinopse Geológica 51
XI — Bibliografia 52