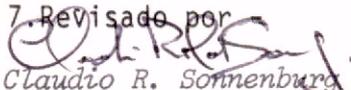


1. Classificação INPE-COM.10/PE C.D.U.-550.81:621.38SR(815.3)	2. Período Abril/76 até Set./76	4. Critério de Distribuição: interna <input type="checkbox"/> externa <input checked="" type="checkbox"/>
3. Palavras Chave (selecionadas pelo autor) Geologia Estado do Rio de Janeiro Imagens do LANDSAT-1 Mapeamento geológico		7. Revisado por  Claudio R. Sonnenburg
5. Relatório nº INPE-947-PE/040	6. Data 4 de outubro de 1976	9. Autorizado por -  Nelson de Jesus Parada Diretor
8. Título e Sub-Título GEOLOGIA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO BASEADA EM IMAGENS MSS DO LANDSAT-1		11. Nº de cópias 23
10. Setor SRM	Código 422	14. Nº de páginas 35
12. Autoria Chan Chiang Liu Paulo Roberto Meneses Luiz Machado Filho* Murillo Wille Ribeiro* João Augusto Dantas de Oliveira*		15. Preço
13. Assinatura Responsável 		
16. Sumário/Notas Este trabalho apresenta os resultados do mapeamento geológico do estado do Rio de Janeiro, através de imagens do LANDSAT-1, na escala 1:500.000, realizado em convênio com o INPE e o Departamento de Recursos Minerais do Governo do Rio de Janeiro. Da análise das imagens foram individualizadas quinze unidades geológicas de mapeamento, dentre as quais sete pertencem ao pré-cambriano, duas são intrusivas de rochas alcalinas e graníticas e suas unidades são sedimentares. O mapa geológico anexo não é controlado cartograficamente, pois foi construído sobre imagens do tipo "bulk", sem correções radiométricas e espaciais.		
17. Observações *Geólogos do Departamento de Recursos Minerais - DRM - RJ Relatório a ser apresentado no XXIX Congresso Brasileiro de Geologia - Ouro Preto - MG de 29-10 a 5-11-1976.		

ABSTRACT

This work presents the result of constructing a geological map of Rio de Janeiro State by multispectral imagery of LANDSAT-1, in the scale 1:500.000, under an agreement between the Instituto de Pesquisas Espaciais -INPE and the Departamento de Recursos Minerais - DRM of Rio de Janeiro State Government.

From the LANDSAT-1 imagery, three principal geomorphological provinces can be recognized. They are the Paraíba do Sul river valley, the mountain range of Serra do Mar and the coastal Plain. Various landscapes in each province can also be examined.

From the LANDSAT-1 imagery, fifteen different lithologic mapping units can be differentiated: among them seven units are the Precambrian rocks; two units are igneous intrusives of granite and alkaline rocks, and six units are sedimentary sequences.

Three mapping units of Precambrian rocks can be correlated to the so-called Paraíba Group which is mainly composed of charnockites, porphyroblastic gneisses and gneisses with bedding structure. Those highly metamorphosed rocks of granulite facies are 2.700 m.y. indicated by age dating and are corresponding to "Transamazonico cycle", but for a significant part of it was rejuvenated during "Brasiliano" cycle. Other three mapping units of Precambrian rocks can be correlated to the so-called Serra dos Orgãos Group, which is predominantly composed of granitoid gneisses and migmatites of 620 m.y. and is intruded by post-tectonic granite of 540 m.y.. The remaining unit of Precambrian complex is distributed along the coastal plain, and is intruded by alkaline rocks. The sedimentary units are recognized as: the old delta deposits correlated to Barreiras Formation; Resende basin deposits; old sand ridge deposits; sand dune deposits; alluvium, lagoon deposits and longshore sand deposits.

From the LANDSAT-1 imagery, various patterns of structural lineaments can also be recognized, and from the attitude of the regional structure patterns, from the distribution of the lithologic mapping units and from the geochronological

data, it has been deduced that the tectonic evolution in Rio de Janeiro State went through at least two tectonic cycles and reactivation stadium of the Brazilian Platform.

INTRODUÇÃO

Os mais importantes estudos geológicos regionais do estado do Rio de Janeiro foram realizados por ROSIER (1957, 1965), quando, então, concluiu o mapa litológico da parte oriental do estado, após seguidos anos de trabalho de campo, e pelos trabalhos do Projeto do Vale do Paraíba do Sul, ora em execução pelo DNPM-CPRM. Outros estudos se fizeram por LAMEGO (... 1955), junto à região costeira; EBERT (1957), no sudeste de Minas Gerais; LIANDRAT (1972), na Folha de Vitória; seguindo-se vários trabalhos locais de detalhe. As datações U/Pb, Rb/Sr e K/Ar, obtidas por CORDANI, DELHAL e LEDENT (1968, 1973) deram conhecimento dos eventos tectônicos que afetaram a área pré-cambriana.

Não é tarefa fácil, nem por si suficiente, a compilação de trabalhos geológicos existentes, com o fim de se tomar conhecimento da geologia de todo o estado. Reconhecida como uma área pré-cambriana de alta complexidade geológica/estrutural, por muito tempo permaneceu sem adequados conhecimentos de sua geologia regional, por razões advindas da ausência de meios que possibilitassem uma visão global de sua geologia. Contudo, na área espacial, uma nova tecnologia tem sido e vem sendo desenvolvida rapidamente. Essa nova tecnologia é o sensoriamento remoto. Vários tipos de sensores são usados, num grande campo de aplicações práticas e científicas, a geologia sendo uma das mais importantes. As fotografias aéreas são bem conhecidas, como a mais usual forma de sensoriamento remoto, mas para mapeamentos de grandes regiões como o estado do Rio de Janeiro, em um curto período de tempo, o seu uso não é vantajoso. Por causa da pequena cobertura areal das fotografias aéreas, necessita-se de uma grande quantidade de fotos para cobrir todo o estado, um tempo demasiadamente longo para analisá-las, e um suficiente recurso financeiro para suportar o trabalho. Mas imagens MSS (multispectral scanner) do LANDSAT-1, obtidas pelo imageamento da terra de altas altitudes, vem sendo produzidas nestes últimos quatro anos, e seu uso, para estudos geológicos, especialmente em grandes áreas ainda não bem conhecidas, é comprovadamente econômico, prático e bem sucedido. Oito cenas de

imagens do LANDSAT recobrem todo o estado do Rio de Janeiro e parte de seus estados vizinhos. O mosaico destas oito imagens oferece uma visão sinótica da área total do estado e, fácil e rapidamente, dá a idéia de toda a geologia regional.

A este trabalho anexa-se o mapa geológico elaborado pela interpretação de imagens do LANDSAT-1, apoiado em reconhecimentos de campo, constituindo-se no primeiro mapa geológico regional de todo o estado, abordado pelas técnicas de sensoriamento remoto. O trabalho teve duração de seis meses.

Os autores querem expressar os agradecimentos ao Dr. Gilberto Amaral e Waldir Renato Paradella, pela revisão do relatório e discussão do mapa. Ao Dr. Luiz Alfredo Moutinho da Costa por sugestões dadas aos autores, e principalmente ao 9º Distrito do DNPM-RJ, pelo fornecimento de relatórios de campo, do Projeto Vale do Paraíba do Sul.

2. ANÁLISE E DADOS DO LANDSAT-1

Um conjunto de trinta e duas imagens, de oito áreas cenas, que recobrem todo o estado do Rio de Janeiro e seus estados vizinhos, foi selecionado. Essas imagens foram fotograficamente reprocessadas em escala 1:500.000. A tabela a seguir mostra as principais anotações alfa-numéricas contidas no rodapé das

DATA DA EXPOSIÇÃO	CENTRO: LAT. E LONG.	ÂNGULO DE ELEVÇÃO SOLAR. ÂNGULO SOLAR AZIMUTE	AGÊNCIA E PROJETO	NÚMERO DE IDENTIFICAÇÃO	DATA DE PROCESSAMENTO
1 11 JUL 73	S 21-36/W 45-00	SOL EL 31 AZ 043	INPE - LANDSAT	173192 - 122736	21 MAI 75
2 11 JUL 73	S 23-01/W 45-22	SOL EL 30 AZ 043	INPE - LANDSAT	173192 - 122801	21 MAI 75
3 03 DEZ 75	S 21-37/W 43-24	SOL EL 49 AZ 100	INPE - LANDSAT	175343 - 114915	18 MAR 76
4 12 JUN 75	S 23-06/W 43-50	SOL EL 27 AZ 045	INPE - LANDSAT	175163 - 120028	18 MAR 76
5 14 AGO 73	S 20-07/W 41-46	SOL EL 38 AZ 051	INPE - LANDSAT	173226 - 121514	19 SET 75
6 14 AGO 73	S 21-34/W 42-08	SOL EL 37 AZ 050	INPE - LANDSAT	173226 - 121539	19 SET 75
7 14 AGO 73	S 23-06/W 42-31	SOL EL 36 AZ 049	INPE - LANDSAT	173226 - 121604	19 SET 75
8 16 JUL 75	S 21-41/W 40-34	SOL EL 28 AZ 048	INPE - LANDSAT	175197 - 114635	17 MAR 76

imagens. Os números de 1 a 8 referem-se ao mapa índice das imagens, mostrado no mapa geológico.

Somente imagens MSS de processamento "bulk" (sem correção espacial e radiométrica), foram usadas em todos os quatro canais. O estudo foi feito sobre cópias fotográficas positivas preto e branco, em papel, na escala 1:500.000. A ampliação das imagens na escala acima mencionada, é perfeitamente adequada às interpretações fotogeológicas e, prontamente, presta-se como guia para os reconhecimentos de campo.

Técnicas visuais de análise das imagens, para informações geológicas, foram usadas neste trabalho. A análise visual segue os critérios convencionais de fotointerpretação, mas em virtude de uma mesma cena nas imagens ser imageada simultaneamente, em diferentes comprimentos de onda, um qualquer alvo do terreno terá comportamento espectral diferente, para cada banda do espectro. Esta característica das imagens multiespectrais permite, assim, a apreciação de cada alvo do terreno segundo suas quatro distintas respostas espectrais, em geral dando maior facilidade, à interpretação. Por outro lado, a repetitividade de imageamento em intervalos de 18 em 18 dias, permite interpretações comparativas em várias épocas do ano, como, também seleção das imagens de melhor qualidade, as quais podem ser ampliadas, sem perda de informação, até à escala 1:100.000.

3. PROVÍNCIAS GEOMORFOLÓGICAS

Geomorfologicamente, a área de estudo inclui três províncias topográficas, claramente distintas, nas imagens: o vale do Rio Paraíba do Sul, as montanhas da Serra do Mar e a planície costeira.

- O Vale do Rio Paraíba do Sul: para oeste de Três Rios, o vale do Rio Paraíba do Sul pode ser considerado como um vale amplamente aberto, do qual, em ambos os lados, há colinas onduladas, que suave e gradualmente aumentam suas elevações, unindo-se às montanhas da Serra do Mar, para S-SE, e às montanhas da Serra da Mantiqueira, para N-NW. De três Rios para São Sebastião do Paraíso, pelo fato das montanhas da Serra do Mar se elevarem consideravelmente e as montanhas

da Serra da Mantiqueira mudarem seu curso para o norte, o vale torna-se assimétrico. O flanco norte, desta porção do vale, é de morros ondulados, com altitudes baixas e quase constante; o flanco sul une-se ao declive norte da Serra do Mar, por isso elevando-se rapidamente para S-SE. De São Sebastião do Paraíso, para leste, o rio atravessa um relevo de morros abaulados (tipo sela) e flui, diretamente, para o mar, em planície costeira. O curso do rio Paraíba, principalmente até Cambuci, é fortemente controlado por estruturas geológicas. Em ambos os lados do seu vale, o padrão dos divisores e vales das colinas, são também controlados por tais estruturas.

- Serra do Mar: ela prolonga-se através de todo o estado. A porção mais elevada da cadeia está ao norte da cidade do Rio de Janeiro e, então, diminui suas elevações para WSW e ENE. Para WSW ela atinge o mar, formando uma costa rochosa irregular com numerosa ocorrência de pequenas e grandes ilhas e uma grande baía. Na região de Casimiro de Abreu, a serra muda seu curso de ENE para NNE e, mais ao norte forma uma grande sela entre os rios Paraíba do Sul e Itabapoana. Um contínuo esculpamento em zig-zag, ao longo da vertente sul da serra, é claramente mostrado nas imagens, podendo ser considerado como resultante de diferente resistência das rochas em ambos os lados da linha da escarpa. Para NNW do escarpamento, a textura é fina, e as cristas e vales são geralmente na direção NW-SE. Para SSE do esculpamento, a textura topográfica torna-se grosseira e as cristas e vales são controlados em diversas direções. Ao longo de toda esta vertente, a encosta é ora escarpada, ora mais suave, na dependência da variação das elevações da serra.

- A Planície Costeira: estende-se entre a cadeia de montanhas da Serra do Mar e o litoral. As imagens LANDSAT mostram que a parte norte da planície costeira entre os rios Itabapoana e Macaé, é formada por aluviões antigas e recentes, depósitos de lagoas, depósitos antigos de deltas, e pelas unidades da Formação Barreiras, estas com um suave terreno ondulado, causado pela existência de drenagem intermitentes, dendríticas. A parte sul da planície costeira, entre o rio Macaé e a baía de Sepetiba, é formada por aluviões, depósitos lagunares e - na

maior parte - por um complexo prē-cambriano desnudado e em baixo plano. Junto ao litoral, muitas feições puderam ser examinadas nas imagens, destacadas pelas suas altas resoluções espectrais, apesar da pouca largura de seus afloramentos. São elas:

- um padrão dendrítico de sistemas de lago, desenvolvidos, ao longo do contato, entre a parte inferior da Formação Barreiras e as restingas.
- um tombolo na restinga de Marambaia.
- cordões litorâneos paralelos e alongados à linha de costa atual.
- longas praias de areia ao longo da maior parte da costa.
- falésias cortadas pelas ondas, junto à foz do rio Itabapoana.
- pontões rochosos, de rochas prē-cambrianas, junto ao mar, formando escarpas cortadas pelas ondas.

4. UNIDADES GEOLÓGICAS DE MAPEAMENTO

"... since Precambrian rocks are paleontologically barren, it would see that its stratigraphic subdivision should really be based principally upon the history of those large tectonic events of great geographic extent which are sufficiently understood". (ALMEIDA, 1971). Neste sentido, examinando as imagens multiespectrais, chega-se a uma conclusão que é coincidente àquela acima mencionada. Isto é, as diferenças morfológicas do terreno, que foram a chave para a divisão do prē-cambriano do estado do Rio de Janeiro, são heranças de, pelo menos dois, grandes eventos tectônicos de extensão geográfica considerável.

As imagens, nos canais 5 e 6, respectivamente, nas bandas 0,6-0,7 μ m e 0,7-0,8 μ m, selecionadas do conjunto dos quatro canais, contêm todas as assinaturas espectrais que parecem ser geologicamente similares; nenhum dado adicional foi encontrado nos canais 4 e 7. As imagens do canal 6 foram usadas como base, porque mostram melhor as feições morfológicas do que os outros canais; e as do canal 5 porque mostram melhor contraste tonal, sendo úteis para delinear

os contatos litológicos e lineamentos estruturais, quando as expressões topográficas não são evidentes nas imagens do canal 6.

Um resumo das unidades litológicas mapeadas, com relação às suas características espectrais de fotointerpretação e de suas litologias constituintes, obtidas em reconhecimento de campo e consulta bibliográfica, é dado a seguir.

4.1 - UNIDADES METAMÓRFICAS

As unidades metamórficas, delimitadas no mapa, não são unidades litológicas, mas sim associações de tipos de mesmo grau de metamorfismo e ou migmatização. Em algumas delas predomina, de maneira absoluta, um determinado tipo de rocha, em outras não há predominância de nenhum tipo. Os contatos entre as unidades são gradacionais, implicando em que, no mapa, sejam vistos como os locais onde uma modificação, no tipo de estrutura da rocha, leva a uma diferente resistência ao intemperismo, ocasionando diferenças de padrão topográfico, que podem ser observadas nas imagens.

ROSIER, em seus trabalhos, descreve, de maneira muito clara, todas as unidades. Todavia, estendeu a "Série Paraíba-Desengano" à unidade dos migmatitos, a qual é no presente trabalho, colocada no Grupo Serra dos Orgãos, por ter sido afetada pelo evento termal que caracteriza este grupo. A região compreendida entre o sopé da Serra do Mar e a costa, que, nos trabalhos do autor referido está parcialmente dividida em Faixa Maricã Conceição de Macabu e Faixa Saquarema - Cabo Frio - Macaé, foi por outro lado, englobada no Complexo do Litoral Fluminense, não por discordância da divisão proposta pelo referido autor, mas pelo fato de que, nessa região, o relevo arrasado, faz com que não se tenha diferenças de padrão nas imagens de satélite, não permitindo portanto sua separação.

Em perfis, desde o rio Paraíba do Sul até o sopé da Serra do Mar, junto à baixada litorânea, pode-se observar um zoneamento migmatogênico. Daí

atê o litoral, as variações litológicas, a falta de afloramentos e padrões, devido a uma topografia arrasada, tornam difícil essa observação. Apesar disso, os dados já existentes nos permitem dizer que a assembléia de rochas da baixa da é muito mais variada que a das unidades do Grupo Paraíba do Sul e do Grupo Serra dos Orgãos, além de serem muito mais descontínuas.

Essas observações podem sugerir a existência de um meganticlinório assimétrico, Moutinho da Costa (comunicação verbal) com sua aba ocidental quase vertical e a aba oriental com mergulho mais suave, fazendo com que os processos erosivos atuantes, exponham uma assembléia de rochas das mais heterogêneas, no Complexo do Litoral Fluminense.

Diferentes das áreas sedimentares, as unidades metamórficas são unicamente separáveis nos canais 6 e 7 (região do infravermelho próximo) nos quais apresentam diferentes tonalidades e, onde são, também, melhores evidenciados, os caracteres topográficos e estruturais.

4.1.1 - COMPLEXO DO LITORAL FLUMINENSE

A região compreendida entre a Baía de Sepetiba, o bordo sudoeste da Bacia de Campos e a base da escarpa da Serra do Mar, mostra, nas imagens do LANDSAT, uma textura muito fina, de padrão mais ou menos uniforme, o que, como já dito, impossibilita sua separação em unidades distintas, em decorrência do seu relevo arrasado, formado predominantemente de meias laranjas e pequenos serrotes, entremeados por extensas planícies aluvionares.

Sabe-se da existência de uma variedade litológica muito grande neste complexo. Os trabalhos de mapeamento geológico, em escala 1:50.000, ora em desenvolvimento pelo Departamento de Recursos Minerais-RJ, tem encontrado gnaisses facoidais que passam a verdadeiros granitos porfiróides grosseiros entre Rio Bonito e Silva Jardim, gnaisses granitóides na Folha Araruama e próximo a Conceição de Macabú, gnaisses fracamente migmatizados e migmatitos, em muitos locais, além de biotita gnaisses e gnaisses variados.

Neste complexo, ocorrem lentes (3 a 20 m) de quartzitos claros, re cristalizados, extremamente grosseiros, e outras pequenas lentes de calcários cristalinos, brancos e grosseiros, geralmente associados a escarnitos. Os quartzitos são iguais aos que ocorrem no município do Rio de Janeiro e são mais comuns junto às alcalinas de Tanguá e Soarinho e ao norte deste último maciço.

Encontrou-se grande dificuldade na separação entre este complexo e o Grupo Paraíba do Sul, na região a oeste e sudoeste da Bacia de Campos, devido à grande semelhança de padrões nas imagens e à insuficiência de afloramentos. Por conseguinte, para uma perfeita definição deste contato, torna-se necessário um detalhado trabalho de campo.

4.1.2 - GRUPO PARAÍBA UNIDADE "A"

Esta unidade distribui-se na parte ocidental do norte do estado. A apresenta cristas proeminentes com encostas escarpadas, possuindo orientação ge ral, obviamente controlada pela direção estrutural regional, embora com pequenas variações locais. Estas cristas estão separadas por áreas baixas, com pequenas colinas onduladas.

Ao norte do rio Paraíba do Sul, na região de Lajé do Muriaé, Miracema e Itaperuna, existem boas áreas de gnaisses charnockíticos, que possuem es trutura maciça, as vezes com presença de cristais de granada. Nos caminhamentos por esta área é evidente, com maior ou menor frequência, a alternância de gnaisses charnockíticos com gnaisses e migmatitos. Mais comum, entretanto, é sua alternância, em um mesmo afloramento, com gnaisses claros granatíferos e kinsingíticos. Estes por sua vez possuem uma estrutura bandada visual, em esca la de amostra de mão, sendo que esta orientação pode diminuir até a rocha apre sentar uma textura laminar tão fina que se mostra quase maciça, com intenso mosqueamento de granadas milimétricas. Sua textura é em geral granoblástica, inequigranular ou granoporfiroblástica, e com uma composição mineralógica de

microclina, mais abundante, plagioclásio, quartzo, biotita e granada.

As características comuns dos charnockitos são sempre cor melano-crática, verde escura, e presença de cristais caramelados de plagioclásio de composição oligoclásio e andesina. Frequentemente ostentam um bandamento gnaisico pelo arranjo paralelo de hiperstênio, em geral com granulação de fina a média. Alguns exemplos contêm uma quantidade razoável de biotita, indicando um fácies intermediário entre o granulito e o anfibolítico. O conteúdo feldspático da rocha soma percentagens sempre superiores a 50% do total da constituição mineralógica.

RITA BARBOSA (1959), realizou estudos petrográficos de ocorrências de charnockitos, entre Trajano de Moraes e Santa Maria Madalena. Suas verificações nas mudanças texturais e estruturais pelos cristais recurvados e outros triturados, induzem uma associação a metamorfismo-dinamo termal. Algumas informações petrográficas dos charnockitos do norte do estado constam nos relatórios de descrição petrográfica do Projeto Vale do Paraíba do Sul (DNPM/CPRM, 1973). Em geral sua textura varia de granoblástica a cataclástica, constituindo-se essencialmente de plagioclásio, ortoclásio, hiperstênio, augita, quartzo, e algumas vezes, biotita e hornblenda.

UNIDADE "B"

- Esta unidade, largamente distribuída ao longo do Vale do Rio Paraíba do Sul, mostra uma textura fina com padrão de drenagem tipicamente controlada por estruturas geológicas. As elevações têm quase uma mesma altura, não havendo morros proeminentes ou linhas de montanhas, sendo a drenagem pouca espaçada e a topografia rugosa, com topos arredondados e declives relativamente acentuados.

É a mais extensa unidade do grupo Paraíba do Sul, constituindo-se quase que exclusivamente de gnaisses diversos, "porém estas rochas geralmente têm um caráter comum: o paralelismo muito notável das faixas de composição di-

ferentes" (ROSIER, 1965). Estas faixas ou bandas possuem normalmente espessura variando em torno de 1 a 5 cm, e se alternam em faixas claras, mais quartzo-feldspáticas e faixas escuras mais biotíticas-anfibolíticas. Sua composição mineralógica contém o quartzo como mineral mais abundante, e normalmente uma predominância do oligoclásio sobre microclina ou ortoclásio, ocorrendo, subordinadamente, biotita e granada. Em uma direção nordeste, onde está encaixado o Rio Paraíba do Sul, de maneira extremamente retilínea, esses gnaisses são bastante laminados, silicificados e milonitizados, e, em alguns pontos, tomando aspecto de quartzitos, de coloração esbranquiçada a rosada, inclusive possuindo deslocamento, como em Além Paraíba, Três Rios e entre Barra Mansa e Piraí, evidenciando uma extensa zona de falhamentos. Migmatitos ocorrem raramente, apresentando sempre estrutura bastante deformada.

Dentro desta unidade encontram-se, com certa frequência, lentes relativamente estreitas de charnockitos, quase sempre de granulação muito fina (maciça).

Os quartzitos, que não são abundantes em todas as unidades mapeadas, aqui se tornam mais comuns. São de granulação fina, coloração cinza claro ou esverdeada, sericíticos e apresentam boa laminação, deslocando-se com facilidade quando alterados. Geralmente são de pequena espessura, em torno de 5 a 10 metros.

Fato bastante comum, no interior dos gnaisses bandados desta unidade, são os corpos lenticulares ou circulares de anfibolito, geralmente variando entre poucos centímetros a meio metro, muito semelhantes aos que foram encontrados em Monsuaba, na rodovia Rio-Santos, nos granitóides da unidade A do Grupo Serra dos Orgãos.

Também aparecem, nesta unidade, além de calcários e dolomitos, escarnitos em pequenas lentes ou em grandes exposições como na rodovia Rio-Santos, entre Angra dos Reis e Parati, onde estas rochas são uniformemente bandadas, como os gnaisses. Aí, o carbonato comumente é a dolomita, aparecendo dolomitos quase puros e algumas faixas finas, discordantes, de dolomita branca. Ocorrem

também sulfetos associados, formando os conhecidos depósitos de pirita de Rio Claro.

Pegmatitos importantes cortam esta unidade, como os de Valença Boa Sorte e São Fidélis. Grandes concentrações desses pegmatitos ocorrem na região de Porciúncula, fornecedores de feldspato, caulim e mica, e de onde sai a maior produção de feldspato do estado.

Amplamente distribui-se em todo o Grupo Paraíba, lentes de calcários e dolomitos, existindo duas faixas principais de ocorrência. A primeira faixa inicia-se na região de Cantagalo, indo até o Espírito Santo, passando pelas proximidades de Itaocara, Cambuci, Italva e B. Jesus de Itabapoana, na qual é maior a predominância de calcários do que dolomitos. Os calcários são sempre de granulação grosseira, recristalizados e sacaroides, brancos e acinzentados e, comumente, com pontuações de grafita e/ou minerais verdes (diopsídio, epidoto). Sempre que grafitosos, desprendem gás sulfídrico de odor característico, ao choque. Os dolomitos, normalmente de granulação mais fina, macios e de coloração branca, são explorados como mármore. A segunda faixa inicia-se na região de Três Rios, passando pelas proximidades de Vassouras, Barra do Piraí, Piraí, Barra Mansa e Bananal, chegando até o mar, entre Angra dos Reis e Parati, onde aparecem os escarnitos. Nesta faixa há uma predominância absoluta de dolomitos brancos.

Os calcários, da primeira faixa, são bastante espessos, chegando a formar serras quase que exclusivamente desta rocha, podendo-se citar as serras de Água Quente e do Portela, entre Cantagalo e Cambuci e a serra do Lagarto em Italva. Já as ocorrências de dolomitos, da segunda faixa, são de espessuras insignificantes. Comuns, nos calcários, são corpos anfibolíticos, muito semelhantes aos que aparecem nos gnaisses bandados e nos granitoides de Monsuaba.

Mais de vinte ocorrências de grafita são conhecidas, nesta unidade, no norte do estado, ora como lentes, como em Itaperuna, onde está associada a óxidos de manganês, ora em finas faixas no gnaisse, como em São Fidélis.

Algumas pequenas lentes de gondito também são conhecidas, na mesma região, com formação de crostas superficiais de óxido de manganês.

UNIDADE "C"

A expressão topográfica, desta unidade, é variada, sendo semelhante à da unidade B, quando próximo a ela, e com topografia bastante acidentada, quando junto aos gnaisses granitóides da Serra dos Orgãos. Forma cristas pontiagudas de baixa altitude, com textura mais grosseira que a da unidade anteriormente descrita.

Esta unidade, que, nas imagens, exhibe padrão distinto dos gnaisses bandados e dos charnockitos, foi incluída no Grupo Paraíba, pelo fato de suas características litológicas assemelharem-se muito às das outras unidades deste grupo. Constitui-se, predominantemente, de gnaisses com orientação e bandamento semelhantes aos da unidade B, apesar de serem sempre porfiroblásticos, com feldspato de 0,5 cm a 2 cm, lenticulares (augen) ou rodados e com formato circular. Já nas proximidades dos granitóides centrais, aparecem gnaisses sem porfirofios, com bandas claras e escuras, estando o conjunto cortado por componentes remobilizados, evidenciando fenômenos de migmatização. São comuns nesta unidade, lentes de quartzito que atingem excepcionalmente mais de 100m de espessura, como entre Além Paraíba e Volta do Pião. Por outro lado, os charnockitos são pouco comuns.

Os migmatitos e os gnaisses porfiroblásticos são, naturalmente, evidências de que esta é a unidade, incluída no Grupo Paraíba do Sul, que mais foi afetada pelo evento termal de idade Brasileira.

4.1.3 - GRUPO SERRA DOS ORGÃOS

"UNIDADE "A"

Esta é a unidade com topografia mais acidentada, abrangendo toda a escarpa da Serra do Mar. Suas cotas variam desde 2000m até o nível do mar, possuindo escarpamentos verticais e picos agudos, sendo estas as característi-

cas que a diferencia do relevo dos gnaisses granitoides. Dispõe-se em uma faixa contínua desde Parati, no extremo sul do estado, até Itabapoana, no limite norte, e em outra área isolada, mais ao sul, desde a Baía de Sepetiba até a altura de Saquarema.

A faixa mais extensa compõe-se basicamente de migmatitos - que predominam -, gnaisses granitoides e granitos e, localmente, gnaisses não migmatizados. Os migmatitos desta faixa são, na maior parte do tipo estratoides, com alternância de bandas claras e escuras, semelhantes em partes, aos gnaisses Paratiba, normalmente, com boa quantidade de pórfiros de feldspato e cortados por faixas claras pegmatíticas de orientação desordenada. Também ocorrem, com bastante frequência, migmatitos com as mais variadas estruturas e, ainda, corpos inclusos de rocha biotítica, ou anfibolítica, com as mais variadas formas.

São comuns nesta faixa a presença de gnaisses granitoides, não representáveis na escala do trabalho, e, muito semelhantes aos da unidade C, apesar de possuírem feldspatos em torno de 2 cm ou maiores, como os que afloram na região de Angra dos Reis e Parati. No interior dos gnaisses granitoides aparecem, localmente, corpos circulares ou lenticulares de anfibolito. Em outros locais como ao norte de Glicério, apresentam também grandes concentrações de cristais de granada. Numerosas ocorrências de granitos, podem ser observadas, em muitos lugares, como passagem de migmatitos estratoides, com tipos intermediários de gnaisses granitoides. Esta faixa é, também, cortada por numerosos pegmatitos, alguns bastante expressivos, como os de Cachoeira de Macacu, Glicério e Casimiro de Abreu, minerados em feldspatos.

A litologia principal da outra área, entre a Baía de Sepetiba até Saquarema, engloba migmatitos, granitos e gnaisses facoidais. Os migmatitos possuem estruturas variadas, ocorrendo os tipos estratoides, e os de faixas pegmatíticas, irregulares, como nas serras de Jacoé e Mato Grosso e ao norte de Saquarema, onde aparecem, com grande frequência, manchas de sillimanita. Os granitos são mais expressivos no município do Rio de Janeiro, nas serras do Cantagalo, Grota Funda, Bangu e Quilombo. Os mais comuns têm coloração cinza

claro e granulação fina a média, estando associados a granodioritos e quartzodioritos com componentes gnaissificados (ELMBOLD, 1965). Os gnaisses facoidais ocorrem, principalmente, entre Jacarepaguã, no município do Rio de Janeiro, e a Serra do Calaboca, a leste de Niterói. São normalmente rochas com matriz grosseira, envolvendo porfiroblastos rosados de formato lenticular (augen), que tem uma média de 5 cm, podendo chegar até 20 cm. Estes gnaisses possuem, usualmente, estrutura nebulítica e passam, muitas vezes, a verdadeiros granitos porfiróides muito grosseiros, como já havia observado ROSIER. Este caráter sugere uma gênese semelhante à dos gnaisses granitóides, isto é, um componente remobilizado e homogeneizado por migmatização. Petrograficamente os gnaisses facoidais são caracterizados como microclina, oligoclásio/andesina, quartzo, biotita, granada gnaisses, com predominância de microclina (HELMBOLD, op cit.). São também, comuns, nesta faixa, pegmatitos expressivos, aparecendo sobretudo na região do Catimbau, a SW do Rio Bonito, em Niterói e, na Serra do Calaboca, onde está a lavra da SPAR, que já foi a maior produtora de feldspato do Brasil, na década de 50.

UNIDADE "B"

Esta unidade dispõe-se, segundo uma faixa de direção NE, desde Nova Friburgo até as proximidades de Italva. Seu relevo é semelhante ao dos gnaisses granitóides, o que dificulta a separação das duas unidades nas imagens, distinção que foi feita, orientada por observações de campo. Praticamente não possui nenhum tipo litológico predominante, constituindo-se numa associação de gnaisses granitóides, migmatitos, gnaisses pouco migmatizados e granitos.

Os migmatitos desta unidade são, também, estratóides, porfiroblásticos e seccionados por faixas irregulares, assemelhando-se aos anteriores, porém sem um bandamento definido.

Já os gnaisses granitóides, desta unidade, são um pouco mais orientados e escuros com muita granada e faixas migmatíticas intercaladas, afloran-

do em boas exposições a NE de Santa Maria Madalena. Em alguns pontos os granitoides se intercalam com biotita gnaisses bem orientados.

Os granitos, como os que ocorrem ao norte de Friburgo e Bom Jardim, são também semelhantes, pelo menos macroscopicamente, aos da unidade anterior.

UNIDADE "C"

A área abrangida por esta unidade tem topografia bastante acidentada, com altitudes variando entre 500 a 1000m, formando grande maciços arredondados de rocha nua.

Situa-se um pouco a montante da linha de cumeada da Serra do Mar, não sendo o topo da escarpa um limite geológico. Seu relevo suaviza-se à medida que se aproxima do limite norte. Nas imagens apresenta tonalidade bem clara e a textura mais grosseira dentre as unidades mapeadas, com maciços e cristas arredondadas, separadas por vales profundos.

A unidade ocorre na região central do estado, incluindo as cidades de Petrópolis, Teresópolis e Lumiar e ainda em áreas isoladas junto a Bom Jardim e Conceição de Macabu.

Das unidades metamórficas descritas esta é a mais homogênea, constituída basicamente de gnaisses granitoides, passando localmente a tipos graníticos e ainda a migmatitos de modo subordinado.

Os gnaisses granitoides apresentam normalmente estrutura nebulítica ou uma leve orientação preferencial, granulação média a grosseira, textura granoblástica e coloração cinza claro, predominando os feldspatos. Sua composição média é de microclina ou ortoclásio-quartzo-oligoclásio-biotita, sendo a maior parte da rocha representada por quartzo e feldspato. Observa-se em lâmina uma substituição constante do plagioclásio pelo K-feldspato, evidenciando um enriquecimento de potássio no sistema, assim como o preenchimento dos espaços vazios por sílica microcristalina.

Os solos desta rocha são normalmente claros e amarelados, sempre

com grande quantidade de fragmentos milimétricos de feldspato branco.

Em alguns locais aparecem corpos inclusos em forma de schlieren de rocha escura biotítica ou anfibolítica, parecendo representar restitos.

4.2 - GRANITOS

As ocorrências de granitos estão concentradas na unidade de gnaisses granitóides e na de migmatitos adjacentes. Nas imagens, geralmente, coincidem com feições circulares, embora existam aqueles que não se caracterizam por tais estruturas.

Em alguns locais, como ao longo da rodovia Rio-Santos, onde as exposições são maiores e contínuas, pode-se melhor observar a passagem gradativa, desde migmatitos até granitos, com tipos granitóides intermediários. Este fato é observável também nos gnaisses facoidais, que comumente gradam a granitos porfirios. Estas informações já foram mencionadas anteriormente por Rosier.

Os granitos são geralmente de granulação fina a média, claros e acinzentados como os que ocorrem na região de Petrópolis, Teresópolis e Friburgo. Classificados por Rosier como pós-tectônicos, embora ocorram tipos mais escuros, mais grosseiros e/ou porfiróides, bem característicos, no litoral sul do estado.

4.3 - INTRUSIVAS ALCALINAS

Rochas alcalinas, de idades Cretáceo Superior a Terciários, ocorrem em diversos locais, numa disposição grosseiramente E-W, desde Cabo Frio e Barra de São João até Resende. Não são de fácil identificação nas imagens de satélite, em relação aos gnaisses e migmatitos que as rodeiam, com exceção dos maciços de Tanguá, Morro de São João, Mendanha e Tinguá, que apresentam estruturas circulares, mais características, porém, nos dois primeiros.

Os principais maciços, que estão abaixo relacionados foram objeto

de publicação de SANTOS LIMA E VALENÇA (1976), que apresenta um resumo da bibliografia existente, incluindo dados radiométricos e mapas geológicos, acompanhados de uma análise petrogenética.

- Maciço de Itatiaia: situado a NW de Resende, compõe-se de nefelina sienitos, quartzo sienitos e brechas magmáticas, e sua idade média é de 66 m.a..
- Maciço de Morro Redondo; situado a E de Resende, compõe-se de nefelina sienitos e sodalita sienitos. Não se conhecem dados radiométricos.
- Maciço do Mendanha: situado a NW da cidade do Rio de Janeiro, compõe-se de sienitos, nefelina sienitos e brechas magmáticas e sua idade média é de 72 m.a..
- Maciço de Tinguã: situado ao norte do maciço do Mendanha, é constituído de nefelina sienitos, fonolitos e brechas, sendo sua idade média de 66 m.a.
- Maciço de Canãa: localizado na Rodovia Rio-Petrópolis, compõe-se de sienitos e liechfieldito associado a migmatitos, não se conhecendo dados radiométricos.
- Maciço de Itaúna: situado no bordo leste da Baía de Guanabara, é constituído de fonolitos, pseudoleucita sienitos, brechas magmáticas e microssienitos, sendo sua idade de 60 m.a..
- Maciço de Tanguã: ao norte da Localidade de Tanguã, compõe-se de sienitos, nefelina sienitos, pseudoleucita sienitos e brechas magmáticas, com idade média de 66 m.a..
- Maciço de Rio Bonito: ao norte da cidade do mesmo nome, é constituído de sienitos e nefelina sienitos, tendo como idade média 69 m.a..
- Maciço de Soarinho: localizado ao norte dos dois últimos maciços, compõe-se de brechas magmáticas e quartzo sienitos, não se conhecendo datações radiométricas.
- Maciço do Morro de São João: situa-se a NW de Barra de São João e compõe-se de nefelina sienitos, pseudoleucita sienitos, tendo como idade média 59 m.a..
- Maciço de Cabo Frio: compreende a Ilha de Cabo Frio e dois pequenos corpos no continente, compondo-se de nefelina sienitos, brechas magmáticas, traquitos e quartzo sienitos, sendo sua idade média de 51 m.a..

São ainda conhecidos outros maciços menores com menos de 2 km de

dimensão. Quase todos foram, também, descritos na publicação anteriormente citada. São eles:

- Ipatingas: próximo à localidade de Tanguá, constituído de brechas magmáticas.
- Monjolos: a SW de Itaboraí, constituído de fonolitos.
- Porto das Caixas: a norte de Itaboraí, constituído de brechas magmáticas.
- Guia do Pacobaíba: no bordo norte da Baía de Guanabara, constituído de fonolito.
- Guapiaçu: a NE de Magé, constituído de Traquito.

Também em Barra do Piraí ocorrem corpos de fonolito e há, ainda, notícias de alcalinas ao norte da localidade de Quatis, no município de Barra Mansa.

Tanto as rochas alcalinas como os gnaisses e migmatitos encaixantes, são cortados por numerosos diques de traquitos, fonolitos e lamprófiros, que são encontrados até a mais de 20 km dos corpos alcalinos conhecidos.

Inúmeras ocorrências de veios de calcedonea brechada, alguns mineralizados com barita ou fluorita, são conhecidas desde Itaguaí até à região do Morro de São João, estando certamente associadas às atividades alcalinas.

4.4 - UNIDADES SEDIMENTARES

Com exceção da bacia interiorana de Resende, as ocorrências sedimentares desenvolveram-se, unicamente, na baixada do litoral fluminense, em extensões bastante consideráveis, cujos limites puderam ser facilmente precisados nas imagens do canal 6 e 7, pela sua alta resolução espectral. Uma de suas áreas de maior importância situa-se, bilateralmente, nas imediações da foz do Rio Paraíba do Sul, onde se acumularam os sedimentos da Formação Barreiras, junto aos quais desenvolvem uma extensa cobertura quaternária de planícies de restingas, aluviões e sedimentos de brejos e alagadiços, de origem deltaica. As demais ocorrências sedimentares constituem-se pelos vários depósitos aluvionares dos principais rios, que drenam toda a área da baixada flumiren

se e pela formação de dunas e restingas junto às regiões praieiras.

4.4.1 - BACIA DE CAMPOS - FORMAÇÃO BARREIRAS

As principais referências aos sedimentos da bacia de Campos foram de HART (1870) in SCHALLER, (1973), seguindo, após outros, os trabalhos de LAMEGO, o último concluído em 1955. A proposição da estratigrafia para a parte imersa, que em si constitui e define a própria bacia, foi apresentada por SCHALLER (1973) no XXVII C.B.G.. Sua seção sedimentar, de 6.000 a 8.000 m de espessura, foi dividida em quatro formações, cuja base se encontra no Cretáceo inferior (Jequiã ?) e o topo, no pós-Mioceno, do qual a Formação Barreiras é representante.

Na área emersa, os sedimentos da Formação Barreiras estendem-se de Macaê a Itabapoana e daí, para o norte, até próximo à Vitória, E.S.. Sua área de afloramento no litoral fluminense foram separadas pelo sistema deltaico holocênico do Rio Paraíba do Sul, ainda em contínuo desenvolvimento. Para oeste seus contatos são com rochas pré-cambrianas do Complexo Litoral Fluminense ou em parte, encobertos por aluviões. Em direção ao mar, os tabuleiros sedimentares podem barrar-se nos cordões litorâneos ou atingem a costa recortados em falésias, com poucos metros de altura. Essas falésias são suas melhores exposições, tanto que, próximo à Itabapoana encontra-se camadas estratificadas horizontais de arenitos argilosos brancos, seguidos de arenitos ferruginosos concrecionários pouco resistentes, com espessuras respectivamente de 1 e 4 m. Para o interior, os tabuleiros retalham-se por uma drenagem dendrítica pouco espaçada, onde são comuns os afloramentos de arenitos com crosta ferruginosa e, por vezes, com ocorrência de caulim, sem qualquer disposição de estrutura sedimentar.

SCHALLER (1973) apresenta um esboço faciológico e estrutural dos sedimentos da bacia de Campos, que se compõe de um sistema binário de alinhamentos regionais que, das áreas cristalinas, prolonga-se para os sedimentos

emersos, com indicação de uma movimentação bem recente. Da análise das imagens pode-se inferir, como fez o referido autor, que os alinhamentos da drenagem condicionaram-se pela orientação dessas estruturas, embora não se perceba, com expressividade, o seu prolongamento para a área pré-cambriana. Este fato ocorre em virtude da ampla presença de deposições aluvionares e da própria denudação do cristalino pré-cambriano da baixada litorânea, que mascaram a visão das estruturas.

A divisão da Formação Barreiras, em duas unidades, segue critérios puramente fotointerpretativos e sua comprovação, no campo, foi prejudicada pela ausência, em ambas as áreas, de afloramentos que permitissem diferenciá-las. Na unidade mais ao norte as drenagens, no alto e médio curso, compõem um padrão dendrítico de mais alta densidade, em relação a outra unidade.

Uma outra área sedimentar correlacionável com a Formação Barreiras distribui-se na região de Itaborai; sua correlação baseia-se na semelhança litológica de seus sedimentos com aqueles encontrados no norte do estado.

4.4.2 - BACIA DE RESENDE

Na região de Resende, uma sedimentação do final do Terciário ou Quaternário, ocupa, no vale do Rio Paraíba do Sul, uma extensão aproximada de 40 por 5 km. Sua evolução é correlacionável com a da bacia de Taubaté, tendo tido origem nos abatimentos de blocos durante a epirogênese do escudo brasileiro. Tem, também, correlação temporal, com a deposição da Formação Barreiras, processado pela intensa atividade erosiva que acompanhou a ascensão epirogênica.

Suas camadas inferiores, de depósitos fluviais, são formadas por arenitos grosseiros, feldspáticos e líticos, encimadas por deposições areno-argilosas coluvionares, com matacões métricos de rochas cristalinas. Encaixada na sequência gnáissica do Grupo Paraíba - unidade B - esta bacia dispõe-se, segundo as direções estruturais, aproximadamente E-W, desta unidade metamórfica.

4.4.3 - BACIA DE ITABORAI

De dimensões reduzidas (2 km x 500 m), e não visível nas imagens, esta bacia tem grande importância pelos seus depósitos de calcários, largamente utilizados, e pelo significativo conteúdo paleontológico, com variada fauna de diferentes idades.

Seu embasamento é firmado por calcários cristalinos pré-cambrianos e os sedimentos da bacia são compostos de calcários travertinos, resultantes de ação hidrotermal provavelmente ligada às intrusões alcalinas, sobrepondo-se calcários fossilíferos de precipitação química lacustre de ampla idade no Terciário e, finalmente, margas fossilíferas preenchendo cavidades kársticas, depositadas no final do Terciário.

4.4.4 - SEDIMENTOS QUATERNÁRIOS

Os sedimentos quaternários distribuem-se ao longo da baixada costeira, estando, ao norte, relacionados com o desenvolvimento do sistema deltaico do Rio Paraíba do Sul. Nesta área, formam-se por terraços antigos, depósitos flúvio-lacustres e restingas locais. Ao sul e a leste desta unidade aparecem extensos depósitos de cordões de praia, resultantes do retrabalhamento dos sedimentos fluviais, pelo mar. Finalmente, tem-se os sedimentos atuais e sub-actuais, depositados em planície de inundação, ao longo dos principais cursos de rio.

Já na região entre a Baía de Sepetiba e Cabo Frio, os sedimentos estão associados ao desenvolvimento de restingas, com a formação de depósitos arenosos, que, trabalhados, dão formação a cordões de dunas. A região plana e o represamento, junto à costa, ocasionam a formação de outras vastas áreas de depósitos aluviais.

Ao sul do estado, desde Mangaratiba até Parati, ocorrem, apenas, restritas áreas aluvionares, devido a uma costa recortada e escarpada, junto

ao mar.

5. ESTRUTURA REGIONAL

Foi mencionado, previamente, que a simples compilação dos mapas geológicos existentes, com o fim de se obter um quadro geral das estruturas ou uma razoável idéia sobre a evolução tectônica da área de estudo, não era satisfatória. Por outro lado, em virtude da quase total preservação das unidades pré-cambrianas desta área, as imagens do LANDSAT-1, por sua visão sinótica do terreno, revelam uma excelente resolução para a descrição de grandes estruturas lineares e de seus padrões regionais. Entretanto, nem sempre é fácil comprovar, no terreno, a continuidade destas grandes estruturas lineares, pois sendo suas evidências, no campo, muito locais e restritas, necessita-se de observações muito demoradas e detalhadas, ao longo de sua ocorrência. No mapa geológico anexo estão presentes, unicamente, estruturas lineares, pois devido à superimposição de eventos tectônicos, efeitos de granitização (emigmatização) é improvável, até mesmo em trabalho de campo, afirmar a existência de dobramentos, mesmo como simples anticlinais ou sinclinais.

Na ampla região do vale do Rio Paraíba do Sul, dois conjuntos de lineamentos podem ser examinados nas imagens do LANDSAT-1. O principal deles é longitudinal às unidades metamórficas do Grupo Paraíba do Sul, marcando por isso uma homogênea disposição estrutural ao longo de todo o grupo. Esses lineamentos são mostrados, nas imagens do canal 6 e 7, como finos traços contínuos e paralelos, de grande extensões, reflexo de uma orientação gnáissica, oriunda de um forte tectonismo, que produziu intensa deformação paralela ao bandamento. Esse "trend" estrutural caminha, do estado de São Paulo por quase todo o estado do Rio de Janeiro, segundo uma direção não variável de $N60^{\circ}-70^{\circ}E$. Essa direção muda para $N30^{\circ}-40^{\circ}E$ quando se estende para a parte norte do estado e, assim, continua para o Espírito Santo. Aí, um outro sistema de lineamentos, com igual intensidade, se orienta ortogonalmente ao anterior, na direção $N30^{\circ}-40^{\circ}W$. O mais notável lineamento é, em si, uma zona de falhamento ao longo do Rio Pa-

Paraíba do Sul, medianamente situado na cidade Além Paraíba, que condicionou o canal do rio a uma orientação retilínea, concordante com o padrão regional, por mais de 100 km. O caráter estrutural desta feição assemelha-se, certamente, a zonas de "strike faults", porém não se conhecem medidas de rejeito na direção do curso da falha. Neste grupo, marcadamente nesta zona de falha, os gnaisses possuem uma estrutura fitada regular com diaclasamento vertical. As medidas aproximadas das atitudes xistosas, em toda a área do Grupo Paraíba, situam-se, geralmente, em valores de mergulho de $50-70^{\circ}$ e direção $N60^{\circ}-70^{\circ}E$.

O segundo conjunto de lineamentos do Grupo Paraíba é transversal e notavelmente perpendicular ou diagonal à direção dos lineamentos estruturais regionais, acima mencionados. A direção geral transversal é $N40^{\circ}-50^{\circ}W$, sendo, tais estruturas, de extensões muito menores que as longitudinais. É claramente mostrado, nas imagens, que algumas estruturas longitudinais são cortadas e deslocadas pelas transversais, podendo-se, assim, situar, relativamente, no tempo, os dois conjuntos estruturais.

O conjunto estrutural da faixa central, Grupo Serra dos Orgãos, anormalmente ao Grupo Paraíba do Sul, mostra dois sistemas de falhas/fraturas, ambos com igual intensidade e similaridade morfológica. A formação topográfica, imponente e bastante movimentada, transcreve, às imagens, marcantes estruturas de grande expressão - morfológicamente as mais expressivas do estado do Rio de Janeiro. Uma direção $N20^{\circ}-30^{\circ}E$ domina, nos limites de Teresópolis à Petrópolis, como uma estreita faixa de falhamento (provavelmente de blocos) que se estende à baixada fluminense e até além do Rio Paraíba do Sul. Na região de Nova Friburgo-Bom Jardim, o domínio das direções estruturais volta-se para ... $N20^{\circ}-30^{\circ}W$. Dentro da área do Grupo Serra dos Orgãos ausenta-se qualquer direção estrutural que concorde com o padrão do Grupo Paraíba. É na região desta serra que encontramos uma grande variação de atitudes de foliações, evidenciando uma intensidade de dobramento que não ocasionou regularidade de deformação. Várias estruturas circulares foram assinaladas, principalmente nesta região e muito se assemelham, em suas características morfológicas, com as áreas de

granitos pós-tectônicos.

Na larga região da baixada costeira, por causa das várias coberturas deposicionais e pelo quase total arrasamento das rochas cristalinas, ausentando-se massas topográficas importantes, as feições estruturais estão dissimuladas e difíceis de serem examinadas nas imagens de escala 1:500.000. Entretanto, uma orientação linear geral, de direção próxima a $N50^{\circ}E$, pode ser observada pela comparação das imagens nos seus quatro canais. Essa orientação linear coincide com as medidas de campo das foliações das rochas cristalinas, desta região, e é paralela à orientação estrutural principal da região do vale do Rio Paraíba do Sul. Algumas poucas estruturas, com direção $N50^{\circ}W$, intersectam a orientação anterior e estendem-se para as montanhas da Serra dos Orgãos.

Do relato dos padrões estruturais acima mencionados, uma idéia da evolução estrutural emerge, pela qual os lineamentos longitudinais do vale do Rio Paraíba do Sul como, também, os da região da baixada costeira são estruturas causadas por tectonismos anteriores aos movimentos que edificaram a Serra do Mar. Os lineamentos desta serra foram causados pela sua própria movimentação positiva que se prolongou até o Cretáceo, como menciona ALMEIDA (1969).

6 - EVOLUÇÃO TECTÔNICA

As primeiras considerações sobre a evolução tectônica do estado do Rio de Janeiro foram tecidas por ROSIER (1957, 1965). Dentro de um esquema de evolução geossinclinal ele atribuiu a Série Paraíba-Desengano (em parte Grupo Paraíba), a fase orogenética assíntica, e a Série Serra dos Orgãos com o material antigo, em parte remobilizado e carreado por sobre a série anterior. Os poucos conhecimentos desta área pré-cambriana e a incerteza das idéias elaboradas por ROSIER (op. cit.), levaram CORDANI et alii (1968, 1973) a um organizado programa de pesquisas geocronológicas, que lhes forneceram a base para uma interpretação tectônica inversa à anterior. Em linhas gerais esses resultados geocronológicos estabeleceram a existência de três ciclos orogênicos, que

estão representados pelas isócronas de 2780 m.a. referentes aos gnaisses da Serra da Mantiqueira, MG, de 2070 m.a. como idade do metamorfismo catazonal dos sedimentos Paraíba e de 620 m.a. como idade dos gnaisses-granitóides da Serra dos Orgãos.

Como terreno exclusivamente pré-cambriano, de alto grau metamórfico, afetado por vários e intensos processos de granitização e migmatização e sem relações stratigráficas precisas entre suas unidades litológicas, resultou ser o estado do Rio de Janeiro uma área como um complexo sistema estrutural de dobramentos, muito difíceis de serem organizados segundo sua evolução geológica, faltando elementos característicos para situá-lo dentro de uma evolução geossinclinal. Somente com a posse dos dados radiométricos, é que melhor ficou compreendido a relação tectônica entre seus dois principais conjuntos geológicos - Paraíba do Sul e Serra dos Orgãos.

Assim, segundo CORDANI et alii (1973), só o valor adquirido pela isócrona U/Pb, em 2070 ± 70 m.a. (valor mínimo), foi que os levou a concluir que, originalmente, o Grupo Paraíba teria se formado durante o ciclo Transamazônico. Tal consideração advém do fato que os valores obtidos pelos métodos Rb/Sr e, principalmente, K/Ar em rochas associadas àquelas do ciclo Transamazônico, fornecem uma dispersão de resultados que só se explica pelo rejuvenescimento que atingiu grande parte das rochas do Grupo Paraíba, pelo menos durante o ciclo Brasileiro. Esse fenômeno de rejuvenescimento afetou, com energia diferente, suas unidades, em parte mais intensamente, como atestam os valores geocronológicos K/Ar de 500-600 m.a. ou mais levemente, como supõe a isócrona Rb/Sr de 1.923 m.a.. O grau metamórfico das rochas do Grupo Paraíba atinge a fácies granulito, bem representada pela larga ocorrência de charnokitos, no norte do estado; sendo frequente a fácies anfibolito. A continuação dessa faixa metamórfica, de idade original Transamazônica, se faz para os estados sul do Brasil e sul da Bahia porém como embasamento indiferenciado, tendo recebido de ALMEIDA et alii (1971), a proposição "Faixa de Dobramento Paraíba do Sul". Por toda essa faixa Transamazônica, suas direções estruturais se orientam con-

cordantemente aquelas do ciclo Brasileiro (Faixa Ribeira) do que se deduz que o Grupo Paraíba se reorganizou, estruturalmente, durante o ciclo Brasileiro.

O que se seguiu ao ciclo Transamazônico é objeto de meras suposições. No intervalo tectônico, entre este ciclo e o Brasileiro encaixam-se dados radiométricos que fazem supor a existência de eventos de caráter regional. Desta forma, os limites entre as faixas orogênicas são imprecisas e gradacionais, devido às transformações do terreno, durante as fases tectônicas.

Dentro do ciclo Brasileiro reconhece-se as idades Rb/Sr de 620 m.a. dos migmatitos e gnaisses-granitóides sintectônicos da Serra dos Orgãos, derivados de intensos processos de granitização, reomorfismo e palingênese. Semelhantes entre si, nas suas características mineralógicas e texturais macroscópicas, as relações de terreno e estudos petrográficos mostram que as rochas do Grupo Serra dos Orgãos resultaram, em grande parte, da transformação das rochas da Formação Paraíba (CORDANI et alii, op. cit.). Objeto dos trabalhos de MOUTINHO DA COSTA (1970) e MACHADO FILHO (1972), os conceitos de zonas migmatogênicas podem ser aplicados ao evento termal ocorrido durante o ciclo Brasileiro, no estado do Rio de Janeiro. A unidade central do Grupo Serra dos Orgãos, constituída, basicamente, de migmatitos homogêneos ou diatexitos (gn-granitóides), representa o núcleo central de automigmatitos, resultantes da remobilização e homogeneização de rochas mais antigas, durante o ciclo Brasileiro. As unidades de migmatitos heterogêneos, pertencentes aos grupos Serra dos Orgãos e Paraíba do Sul, representam os metatexitos, isto é, rochas que sofreram influência e remobilização parcial durante o referido evento. As rochas do Complexo do Litoral Fluminense - gnaisses, migmatitos, gn-granitóides e gnaissite faoidal (este último podendo também ser considerado como migmatitos homogêneos, já que possuem estrutura nebulítica) - mostram ter sofrido ação termal, com formação de diatexitos e metatexitos, embora careçam de datações radiométricas que confirmem ser esta ação pertencente ao ciclo Brasileiro. As rochas plutônicas ácidas intrudidas neste grupo, representam produtos de fase pós-tectônica deste ciclo, registrada por uma idade radiométrica U/Pb estimada em 540 ± 60 m.a. e compará

vel à idade Rb/Sr. Esses valores são concordantes com vários outros resultados, obtidos no sul do país, em granitos intrudidos na Faixa Ribeira (ALMEIDA, et alii. 1971). Também decorrente do pós-tectonismo, em toda área pré-cambriana ocorrem pegmatitos, de pequenas expressões, cuja idade é melhor indicada, pelo microclínio, em 476 ± 15 m.a., isto é, dentro dos limites de 470-500 m.a.. Até agora, o que mais se confirma é que o ciclo Brasileiro atuou, firmemente, na região central do estado do Rio de Janeiro, afetando, com intensidade decrescente, as rochas situadas ao redor da Serra dos Orgãos. Os gnaisses-granitóides são as rochas mais homogêneas do Grupo Serra dos Orgãos, sendo considerados como sintectônicos.

Essas unidades pré-cambrianas, assim como suas direções estruturais e linhas de xistosidade, ordenam-se paralelamente à costa Atlântica, no estado do Rio de Janeiro. As suas extremidades, nos estados de São Paulo e Espírito Santo dão início às rotações de direção para NNE-SSW, novamente dispondo-se paralelas à costa. Analisando este fato, HASUI et alii (1975) identificaram, longitudinalmente à costa, um segmento setentrional (Espírito Santo) e outro meridional (São Paulo e sul), este último correspondente à Faixa Ribeira, os quais se conectam no estado do Rio de Janeiro e no leste do estado de São Paulo, através do que denominaram de Zona de Transcorrência de São Paulo. Por aqueles autores esta macrozona de movimento transcorrentes foi dextral e deslocou os segmentos norte e sul, com um deslocamento relativo mínimo estimado em 300 km, considerando-se a Serra dos Orgãos correlata aos migmatitos da região da Serra de Paranapiacaba, SP. A zona de falhamento, ao longo do rio Paraíba do Sul, no estado do Rio de Janeiro é um possível exemplo de falha transcorrente de grande extensão, como aquelas do estado de São Paulo, parecendo digno de nota que importante parte do Grupo Paraíba do Sul, na região adjacente com Minas Gerais, forme, também, uma larga faixa de movimentos transcorrentes.

Os fenômenos tectônicos mais recentes, que se desenvolveram no es-

tado do Rio de Janeiro, podem ser atribuídos, dentro dos conceitos de diferenciação tectônica da plataforma brasileira, ALMEIDA (1969), ao estágio de reativação Wealdeniana, iniciado a partir do Jurássico. As atividades magmáticas básicas e alcalinas, evolução de bacia costeira, arqueamentos e formação de bacias tectônicas interiores, podem ser distinguidas dentro das três fases dessa reativação.

A primeira fase da reativação (150-110 m.a.), que segundo ALMEIDA (op. cit.) foi marcada por intenso magmatismo basáltico, processado em condições tectônicas de intenso falhamento, se pode relacionar um inexpressivo fenômeno magmático, mas largamente presenciado em todo o terreno pré-cambriano. É notado este magmatismo, pela formação de pequenos diques de rochas basálticas, gábricas e diabásicos em geral, discordante da estrutura regional. Também, durante a primeira fase, a constituição de bacias tectônicas é exemplificada pela formação da Bacia de Campos (parte imersa) que, no Cretáceo inferior (SCHALLER, 1973), teria iniciado sua evolução com seus elementos estruturais básicos paralelos às estruturas da costa. O importante é que a evolução dessas bacias costeiras do sul do país se iniciou quando se processava o erguimento do "complexo montanhoso de falhas da Serra do Mar".

A segunda fase da reativação (110-50 m.a.) seguida por atenuações das condições tectônicas anteriores no final do seu período, foi caracterizada pelo magmatismo alcalino, ocorrido na região mais próxima do litoral. As datações dos vários maciços alcalinos do estado do Rio de Janeiro, com limite mínimo de idade em 51 m.a., Cabo Frio, e máximo 72 m.a., Mendanha, bem caracteriza este fenômeno magmático, no final desta segunda fase de reativação. A disposição ordenada, de mais de uma dezena de corpos alcalinos, nos contrafortes da Serra dos Orgãos, sugere uma implicação, com bases estruturais relacionadas ao arqueamento da Serra do Mar, dito anteriormente.

A relativa calma tectônica, da terceira fase da reativação, seguiu-se a ascensão epirogênica que atuou, principalmente, no Plioceno e Pleistoceno, sendo localmente, esta ascensão, interrompida por blocos de falha, que se aba-

teram ou permaneceram deprimidos", ALMEIDA (op. cit.), em consequência, condicionando a formação de bacias tectônicas interiores como as de São Paulo, Taubaté e a correlata de Resende. A intensa erosão, que acompanhou esta ascensão, deu origem à sedimentação, no litoral, da Formação Barreiras, ao longo de vários locais da costa brasileira, como no litoral de Campos, RJ.

Em conclusão, se a Serra do Mar arqueava-se durante o Cretáceo, suas estruturas de falhas devem ter se originado neste período. A idade de 620 m.a. das rochas da Serra dos Orgãos referem-se ao metamorfismo do ciclo Brasileiro. Por outro lado, o rejuvenescimento imposto ao Grupo Paraíba, durante o ciclo referido anteriormente, deve ter criado suas atuais direções estruturais ENE-WSW, visto que é uma constante a direção estrutural Brasileira, paralela à costa sul brasileira. Estes fatos explicam, portanto, a divergência da direção estrutural que atualmente apresentam, entre si, os grupos Paraíba e Serra dos Orgãos.

A evolução tectônica à qual se submetem o pré-cambriano do estado do Rio de Janeiro, acompanhada de intensos processos de granitização, bem pouco importante foi para a economia mineral da área. Não se encontram mineralizações metálicas de Pb, Ag, Zn, etc. associadas aos processos de granitização, como as ocorrentes no sul do país, na Faixa Ribeira, resumindo-se em ocorrências de pegmatitos, predominantemente feldspáticos, da fase pós-tectônica Brasileira.

7 - CONCLUSÃO

O mapeamento geológico do estado do Rio de Janeiro, com imagens do satélite LANDSAT-1, certifica, o uso dessa ferramenta para trabalhos regionais em tempo rápido e com apresentação de resultados satisfatórios à escala de análise. Especialmente para esta área, as melhores imagens foram as do canal 6 e 5. De imediato, a visão conjunta de toda a área permite concluir que as unidades geológicas mapeadas enquadram-se dentro de províncias geomorfológicas e, por isso, os critérios de interpretação foram principalmente pelas variações

das formas de relevo.

Apesar da grande complexidade do pré-cambriano do estado do Rio de Janeiro, com grupos litológicos difíceis de serem individualizados em campo, as imagens forneceram elementos capazes de diferenciar várias unidades pertencentes a três grandes grupos: Paraíba do Sul, Serra dos Orgãos e Complexo Fluminense. Essa divisão foi firmada, no campo, pela presença de uma determinada predominância litológica em cada unidade diferenciada, mas não se pode dizer que venham a constituir precisos limites estratigráficos. Em quase todas unidades mapeadas encontra-se uma associação da litologia predominante com rochas migmatíticas, evidenciando um largo fenômeno migmatogênico por toda a área.

As estruturas que controlam as disposições das unidades geológicas pré-cambrianas são, segundo as direções ENE-WSW, para as rochas do Grupo Paraíba e Complexo Litoral, e direções NE e NW, para as rochas do Grupo Serra dos Orgãos. Essa divergência estrutural, entre os grupos, pode ser explicada pelos efeitos de um tectonismo Brasileiro, que reorganizou estruturalmente o primeiro grupo e pelo arqueamento a que se sujeitou toda Serra do Mar, no Mesozóico, formando um outro conjunto de direções estruturais.

Assim, na sua evolução tectônica, o Grupo Paraíba, formado originalmente durante o ciclo Transamazônico, sofreu remobilização no ciclo Brasileiro, o qual homogeneizou e deu distinção às rochas do Grupo Serra dos Orgãos. Os efeitos de um tectonismo posterior, com magmatismo básico e alcalino, formação de bacia tectônica costeira e interior, bem como arqueamentos, estão relacionados ao terceiro estágio da reativação da plataforma brasileira.

As datações radiométricas conferem, às rochas do Grupo Paraíba do Sul, a idade de 2070 ± 70 m.a.; às da Serra dos Orgãos 620 ± 60 m.a.; aos fenômenos pós-tectônicos, com intrusivas ígneas 540 m.a.; aos pegmatitos 415 m.a.; e ao magmatismo alcalino um intervalo entre 40 a 72 m.a.. O complexo Litoral Fluminense, sem informações geocronológicas, é tido, neste trabalho, como um grupo com provável implicação em evento do ciclo Brasileiro.

BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, F.F.M. (1969) Diferenciação Tectônica da Plataforma Brasileira in Anais do XXIII Congresso Bras. Geologia, Salvador, Bahia, 1969, pág. 29-46.
- ALMEIDA, F.F.M. (1971) Geochronological Division of the Precambrian of South America, Revista Bras. de Geociências, vol. 1 nº 1, Dezembro de 1971, São Paulo, pág. 13-21.
- ALMEIDA, F.F.M.; AMARAL, G.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K.; (1971) The Precambrian Evolution of the South American Cratonic Margin South of the Amazon River, in the Oceans Basins and Margins, vol. 1, New York, 1971, pág. 411-446.
- CORDANI, U.G.; DELHAL, J.; GOMES, G.B.; LEDENT, D. (1968) Nota Preliminar sobre Idades Radiométricas em rochas da Região da Serra dos Orgãos e Vizinhanças (Leste de Minas Gerais e Estado do Rio de Janeiro) Boletim V. 17 nº 1 Soc. Bras. Geologia. Dezembro 1968, São Paulo pág. 89 a 92.
- CORDANI, U.G.; DELHAL, J.; LEDENT, D.; (1973) Orogeneses Superposis dans le Precambrian du Brésil sud-Oriental (Etats de Rio de Janeiro et de Minas Gerais), Rev. Bras. de Geoc. V.3 nº 1, Março de 1973, São Paulo, pág. 122.
- EBERT, H. (1968) Ocorrências de Fácies Granulito no sul de Minas Gerais e em Áreas Adjacentes, em Dependência da Estrutura Orogênica; Hipótese sobre sua Origem. An. Acad. Bras. Ciências nº 40 (suplemento) pág. 215-225. Rio de Janeiro.
- HASUI, Y.; CARNEIRO, C. d'R.; COIMBRA, A.M.; (1975) The Ribeira Folded Belt. Revista Bras. de Geociências, vol. 5 nº 4 - São Paulo, Dez. 1975, pág. 252-256

- LAMEGO, A.R. (1955) Geologia dos Quadrículos de Campos, São Tomé, Lagoa Fria e Xexê, Boletim nº 154 Divisão de Geologia e Mineralogia, DNPM, Rio de Janeiro, 1955, 61 páginas.
- LIANDRAT, E. (1972) Mapa Geológico da Folha de Vitória, Revista Brasileira de Geografia 34(2) Rio de Janeiro, 1972, pág. 120-130.
- MACHADO, F.L.; GOMES, B.S. (1972) Zonas Migmatogênicas da Serra dos Orgãos. Anais da Academia Brasileira de Ciências 44(2) Rio de Janeiro 1972 pág. 259-262.
- MOUTINHO, C.L.A. (1970) A Preliminary Suggestion for a Migmatogenic Map. Anais da Ac. Bras. de Ciências 42(3) Rio de Janeiro (1970) pág. 517-519.
- PENALVA, F.; RIBEIRO, F.E.; (1967) Geologia, Petrologia e Tectônica dos Maciços Alcalinos de Itatiaia e Passa Quatro. Fac. Ciências e Letras USP. Boletim 302 Geol. 22, São Paulo.
- ROSIER, G.F. (1957) A Geologia da Serra do Mar, entre os Picos de Maria Comprido e Desengano (Est. do Rio de Janeiro), DNPM, DGM, Bol. 166 58 p. Rio de Janeiro.
- ROSIER, G.F. (1965) Pesquisas Geológicas na Parte Oriental do Estado do Rio de Janeiro e na Parte Vizinha do Estado de Minas Gerais, DNPM, DGM Bol. 222, Rio de Janeiro.
- SCHALLER, H. (1973) Estratigrafia da Bacia de Campos in Anais do C.B.G, Aracaju, SE V.3. outubro 1973 SBG, pág. 247-258.
- SANTOS LIMA, P.R.A.; VALENÇA, J.G. (1976) Geologia dos Maciços Alcalinos do Estado do Rio de Janeiro - Correlações Geológicas I, II, III, Seminário Estudos Geológicos, U.F.R.R.J. pág. 205-259. Itaguaí 1976, RJ.
- VALENÇA, J.G. (1974) Geologia e Petrologia do Maciço Alcalino de Itauna, São Gonçalo RJ XXVIII C.B.G. - Bol. Nº 1, pág. 427-431, Porto Alegre.