

Evolução Textural e Metamórfica de Rochas de Médio e Alto Grau da Região de Vassouras e Valença, Estado do Rio de Janeiro

Rômulo Machado*
Marcos Aurélio Farias**

*IG/USP/SP
**DMRM/UNESP/SP

ABSTRACT

This paper contains a detailed petrographic description of medium and high-grade metamorphic rocks from near Valença, Vassouras and Paracambi, western State of Rio de Janeiro. Special emphasis is given to the textural evolution and metamorphic history of these rocks. Petrographical data indicate at least two metamorphic paragenesis, as evidenced by older porphyroclasts a younger granoblastic matrix. A simplified geologic map is also included, which shows the Paraíba do Sul Complex and, in part, the Serra dos Órgãos and Juiz de Fora Complexes, including many recently defined lithostructural sequences.

INTRODUÇÃO

Este trabalho reúne os estudos petrográficos e texturais executados em rochas metamórficas de médio e alto grau que ocorrem na região de Valença, Vassouras e Paracambi, porção ocidental do Estado do Rio de Janeiro, cuja área foi objeto de Tese de Doutoramento por parte de um dos autores (MACHADO, 1984).

Existem poucos trabalhos na literatura que versam sobre a petrografia das rochas metamórficas da Faixa Paraíba do Sul no Estado do Rio de Janeiro, sobretudo com abordagem que envolva aspectos de evolução textural e metamórfica que essas rochas foram sujeitas.

Dentre esses trabalhos, relacionam-se os de COSTA e MARCHETTO (1978) e BATISTA (1984) sobre granulitos da região de São Fidélis (RJ), OLIVEIRA (1980) e BARBOSA e GROSSI SAD (1983 e 1985) sobre rochas granulíticas e charnockíticas da divisa de Minas Gerais e Rio de Janeiro, CAMPANHA (1980 e 1981) sobre a região de Três Rios (RJ) e MACHADO (1984) na região de Vassouras e Paracambi (RJ).

A escassez de conhecimentos mais detalhados sobre a evolução textural e metamórfica das rochas da Faixa Paraíba do Sul, tem dificultado um entendimento mais claro e uma separação mais objetiva entre os Complexos Paraíba do Sul e Juiz de Fora. Desta forma, quando o assunto é focalizado, retorna-se inexoravelmente às definições originais de EBERT (1955). Este autor fez a correlação entre as rochas dos dois Complexos (à época denominados de Séries), atribuindo ao primeiro fácies de granitização e ao segundo fácies de granulitização.

O mapa geológico da figura 1 mostra também a localização da área estudada. Ela abrange a região do médio curso do Rio Paraíba do Sul, ocupando o domínio entre os maiores acidentes geográficos regionais, a Serra do Mar (localmente Serra das Araras e de Paracambi) a sul e a Serra da Mantiqueira a norte, com esta última aparecendo no limite entre os Estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro.

ANÁLISE PETROGRÁFICA

COMPLEXO JUIZ DE FORA

Sob esta denominação são englobadas rochas da suíte granulítica e charnockítica que afloram numa estreita faixa na porção noroeste da área estudada (Fig. 1). O contato para sul destas rochas com o Complexo Paraíba do Sul é tectônico, com provável associação de falhas de em purrão e de cavalgamento.

As rochas charnockíticas incluem tipos de estrutura maciça e bandada, dominando esta na escala de afloramento e aquela na escala de mão. Na escala microscópica a textura cataclástica (blastomilonítica) se torna mais expressiva, sendo a textura granoblástica subordinada. Exibem granulação média a grossa, cores geralmente escuras, esverdeado a preto, com ou sem ortopiroxênio. Composicionalmente, caem no campo dos tonalitos (hiperstênio tonalitos ou enderbitos) e dos quartzo dioritos (hiperstênio quartzo dioritos), segundo o diagrama de STRECKEISEN (1974).

Os minerais essenciais são sistematicamente plagioclásio (antiperítico), feldspato potássico (pertítico), quartzo, anfibólio (clino), biotita, piroxênio (clino e orto), sendo este último menos frequente do que aquele. Os acessórios mais freqüentes são apatita, zircão, titanita, opacos e microclínio.

O plagioclásio é comum com geminação da albite e do periclínio. Possui tamanho de 0,2 a 3,5 mm, sendo deformado, com lamelas curvadas, extinção ondulante, parcialmente sericitizado, quer como integrante da matriz ou como porfiroclasto. Este último ocorre em cristais maiores com bordos corroídos, cujo realce se faz nos exemplares com textura cataclástica (Fotomicrografias 1 e 2).

O quartzo é xenomórfico, com tamanho de 0,5 a 1,5 mm, de forma irregular é amebóide, ineguigranular, com extinção ondulante, sendo comum inclusões de plagioclásio e de apatita. Ocorre, nas amostras deformadas, na forma de fitas ou de cordões, orientados, ou também contornando os porfiroclastos ou mesmo se constituindo como tal. Neste caso, observa-se uma matriz granular de quartzo com aspectos evidentes de recuperação que envolve os porfiroclastos. Distinguem-se duas gerações de quartzo: a primeira, mais antiga, apresenta-se com extinção ondulante fortíssima e fraturamento muito intenso; a segunda, mais nova, tem extinção ondulante e fraturamento mais fracos.

A biotita é marron, fortemente pleocróica, orientada, com opacos nos seus traços de clivagem e inclusões de apatita e de zircão. Ocorre no interior do anfibólio ou nas suas bordas.

A hornblenda tem pleocroísmo forte, tendo limite intragranular em geral reto e intergranular curvo e irregular. São freqüentes cristais muito deformados, com bordas corroídas, extinção ondulante, de forma ovalada a elíptica, destacando-se como porfiroclastos em meio a matriz mais fina (Fotomicrografia 3).

O clinopiroxênio é mais abundante que o ortopiroxênio, sendo aquele caracterizado como da série diopsídio-hedembergita e este como hiperstênio.

COMPLEXO PARAÍBA DO SUL

São aqui enfeixados sob esta denominação gnaisses que incluem intercalações diversas e que possuem maior expressão na área estudada, ocupando sua porção central (Fig. 1).

Estes gnaisses são muitas vezes migmatizados, com o predomínio de estrutura bandada, sendo representados por biotita-plagioclásio gnaissse, hornblenda-plagioclásio gnaissse, biotita gnaisse, hornblenda-biotita gnaisse, granada (sillimanita)-biotita gnaisse, gnaisses granitoides, gnaisse tipo kinzigitos, intercalações de mármore, cálcio-silicáticas e anfibolitos.

BIOTITA (HORNBLENDAL)-PLAGIOCLÁSIO GNAISSE

Os biotita (hornblenda)-plagioclásio gnaisses são rochas que afloram principalmente a norte do vale do Rio Paraíba do Sul e ao longo de estruturas antiformais entre o citado vale e a cidade de Vassouras. Ocorrem, também, nesse setor, biotita gnaisse laminado com gnaisses granitoides e subordinações de hornblenda-biotita gnaisses, os quais contêm muitas vezes granada. Os gnaisses tipo kinzigitos ocorrem na Serra de Paracambi, parte sul do referido Complexo, em níveis intercalados a gnaisses porfiroblásticos.

São rochas muito homogêneas, com estrutura discretamente bandada na

escala de afloramento e maciça-orientada na escala de mão. Possuem textura granoblástica e granoporfiroblástica, de granulação média a grossa, de cor cinza escura, mesocráticas, e composição que vai desde o campo dos granitos 3b até dos quartzo dioritos, passando pelo dos granodioritos, tonalitos e quartzo monzodioritos, segundo o diagrama de STRECKEISEN (1976).

Os minerais essenciais são plagioclásio (antiperítico ou não), K-feldspato (principalmente microclínio), quartzo e biotita. Os acessórios são apatita, titanita, opacos e zircão.

BIOTITA GNAISSES E GNAISSES GRANITÓIDES

Os biotita gnaisses e gnaisses granitóides possuem estrutura tipicamente bandada na escala de afloramento, podendo ser discreta a maciça-orientada na escala de mão. Os primeiros são mais abundantes entre o vale do Rio Paraíba do Sul e a cidade de Vassouras. Daqui para sul eles subordinam-se aos gnaisses granitóides, sobretudo na Serra de Paracambi.

Nos gnaisses granitóides predominam leitos leuco a mesocráticos, de granulação em geral grosseira, pobres em biotita, de cor cinza clara a esbranquiçada, portando com freqüência granada. A composição dominante é granodiorítica a granítica do tipo 3b, segundo o triângulo de STRECKEISEN (1976).

Os minerais essenciais são quartzo, microclínio, plagioclásio (oligoclásio-andesina), biotita, muitas vezes granada e, eventualmente, hornblendita.

Os cristais de quartzo são xenomórficos, inequigranulares, às vezes com extinção ondulante fortíssima, deformados ou não, dispostos com freqüência na forma de leitos e com aspectos evidentes de recuperação de grãos (Fotomicrografias 4 e 5).

São freqüentes grãos de quartzo com borda límpida e com a porção central pontilhada de inclusões, as quais, quando maiores, são de biotita, plagioclásio, estes às vezes sericitizados, anfibólio, microclínio, granada, finas agulhas de rutilo e de minerais fibrosos.

O microclínio ocorre de duas formas: a) como megacristais (porfiroclastos) que se destacam da matriz cuja relação é de 5 a 10 vezes o seu tamanho médio, e b) como cristais intersticiais e como componente da própria matriz. Os primeiros são mais deformados, com bordas coroidas, geralmente pertíticos, limites curvos e embainhados, ricos em inclusões, tendo formas com tendência subarredondada e elipsoidal, cuja orientação se faz com o eixo maior segundo a foliação principal da rocha. O microclínio intersticial e da matriz ocorre em cristais menores, de 0,2 a 0,8 mm, límpidos, pobres em inclusões, subidiomórficos, com limites muitas vezes reto e textura de equilíbrio (intragranular), dispostos com freqüência em cristais microgranulares em torno dos porfiroclastos. Ocorrem inclusões de quartzo arredondado, plagioclásio (idiomórfico ou não) e de turmalina não orientada.

O plagioclásio é do tipo oligoclásio-andesina, constituindo megacristais (porfiroclastos) ou aparecendo na matriz.

Os porfiroclastos variam de 1,5 a 4,0 mm, muito deformados, de contornos reentrantes, parcialmente sericitizados, com inclusões de quartzo subarredondados, biotita e de finas agulhas de turmalina e/ou de rutilo. Os cristais da matriz têm de 0,2 a 2,5 mm, com tendência equigranular e equidimensional, subidiomórficos, apresentando, às vezes, textura de equilíbrio.

A biotita ocorre em lamelas orientadas, agrupadas, fortemente pleocróica, de marron escuro ou avermelhada a amarelo pálido, contendo inclusões de apatita, zircão, quartzo e opacos nos seus traços de clivagem.

A sillimanita ocorre em cristais prismáticos, muitas vezes de hábito fibroso, os quais são alongados, agrupados ou na forma de leitos.

HORNBLENDITA (BIOTITA) GNAISSE E GNAISSE TIPO KINZIGITO

São rochas que ocorrem como termos subordinados em relação aos gnaisses descritos anteriormente. Os hornblendita-biotita gnaisses associam-se aos biotita-plagioclásio gnaisses e são encontrados na sua base, notadamente nos arredores de Valença. Possuem estrutura bandada, com leitos milimétricos a centimétricos, leuco a mesocráticos, de gra-

nulação grosseira, textura granonematoblástica e granoporfiroblástica, contendo plagioclásio, hornblenda e pouco quartzo.

Os gnaisses tipo kinzigitos ocorrem associados aos gnaisses granítoides da Serra de Paracambi, representando aparentemente níveis mais ricos em granada dentro desta unidade. São rochas grosseiras, leucocráticas, com textura granoporfiroblástica e estrutura discretamente bandada. A granada possui forma arredondada e elipsoidal, com tamanho entre 0,4 a 0,8 cm, alcançando localmente entre 1,5 a 2,0 cm.

ANFIBOLITOS

São rochas subordinadas dentro do conjunto. Ocorrem na forma de corpos lenticulares e tabulares, de espessura decimétrica a métrica, com estrutura maciça-foliada, granulação média, cor esverdeada, melanocráticas, tendo textura granonematoblástica.

A mineralogia principal é constituída por clinoanfíbólio (hornblenda ou raramente pelos membros das séries da tremolita ou da cummingtonita), clinopiroxênio (diopsídio ou diopsídio-hedembergita), plagioclásio (tipo labradorita) e às vezes quartzo.

Da mineralogia acessória faz parte titanita, que pode atingir proporções elevadas para um mineral acessório (em torno de 5%), opacos, apatita, zircão.

Os tipos composticionais incluem tipos quartzo dioríticos, gábricos e ultramáficos. Alguns exibem mineralogia e textura sugestivas de derivação ígnea, enquanto que para outros, as informações petrográficas são insuficientes para indicar a origem da rocha.

CÁLCIO-SILICÁTICAS

Aparecem na forma de lentes ou de lentes camadas, com espessuras geralmente decimétricas a métricas. Incluem tipos de estrutura maciça e bandada, na escala de afloramento, e maciça na de mão.

Possuem granulação em geral fina, em tonalidades claras, com texturas granoblásticas homogêneas, portando às vezes cristais macroscópicos de granada que se destacam da matriz.

Os minerais principais são quartzo, plagioclásio (tipo andesina-labradorita), clinopiroxênio (diopsídio), clinoanfíbólio (hornblenda) e às vezes titanita. Os acessórios comuns são granada, apatita, titanita e opacos.

MÁRMORES

Ocorrem em dois níveis principais: um que margeia o Rio Paraíba a norte e outro que margeia a sul. Este nível aflora extensamente nos arredores da cidade de Barão de Vassouras e aquele, o mais importante, nos arredores de Barão de Juparanã.

Ao primeiro, associam-se intercalações de cálcio-silicáticas e de minerais micáceos (flogopita e biotita) que conferem estrutura bandada à rocha. Além disso, ocorre anfibólio da série tremolita-actinolita e diopsídio. Este na forma de manchas e aquele como cristais prismáticos de hábito fibroradial, cujo tamanho alcança até 8,0 cm de comprimento.

Ao microscópio revelam textura granoblástica, com predomínio de carbonato, que pode perfazer até 90% da mineralogia total. Ocorrem também flogopita, clinopiroxênio, zoisita, clinozoisita e apatita.

GONDITO

Restringe-se a uma ocorrência isolada nas proximidades do Rio Paraíba do Sul. Caracteriza-se pela presença de óxidos de manganês secundários formados a partir da alteração supergênica de granada do tipo espessartita ou espessartita-almandina. Ao microscópio apresenta-se com textura granoblástica, constituindo-se principalmente de granada do tipo espessartita (de 60 a 70%), quartzo (30 a 40%) e proporções menores de flogopita, opacos e biotita.

A granada ocorre em cristais arredondados, inequigranulares, com pleocroísmo distinto, indo de incolor a rosa clara, com presença de óxidos de manganês secundários no contato dos grãos.

COMPLEXO SERRA DOS ÓRGÃOS

É aqui reunido sob esta denominação um conjunto de rochas com tipos petrográficos diversificados, incluindo desde migmatitos com estrutura tipicamente bandada (estromáticos) até migmatitos homogêneos com estrutura nebulítica e schlieren, sendo estes últimos em geral homofálicos. Inclui também granitos e granítoides diversos, foliados e não foliados, finos a grosseiros, porfiroides ou não, leuco a leuco-mesocráticos, englobando tipos alaskíticos e hololeucocráticos com menos de 5% em biotita. Ocorrem também gnaisses diversos, como biotita gnaisse, hornblenda gnaisse e gnaisse granítide.

Estas rochas possuem ampla gama composicional, abrangendo desde termos tipicamente graníticos (campo 3a e 3b), passando por termos de composição granodiorítica até tonalítica a quartzo diorítica, de acordo com a classificação de STRECKEISEN (1976).

Os minerais essenciais dos níveis mais ricos em maficos (melanossamas) são biotita, plagioclásio (andesina - oligoclásio), microclínio, quartzo e, menos freqüentemente, clinoanfibólito (hornblenda) e clinopiroxênio (diopsídio). Os minerais acessórios comuns são titanita, apatita, zircão e opacos.

A biotita aparece em proporção variada, entre 10 e 20% da mineralogia total, ocorrendo como lamelas orientadas, com tamanho médio de 0,8 mm, fortemente pleocróica (marrom escuro a amarelo pálido), idiomórfica, deformada ou não, tendo inclusões freqüentes de apatita, zircão, titanita e opacos nos seus traços de clivagem. Dispõe-se, às vezes, na forma de finos leitos que se associam ao clinopiroxênio, quando presente.

O quartzo (10 a 35% da mineralogia total) é xenomórfico, de forma subarredondada, discóide, amebóide e irregular, com tamanho médio de 0,8 mm, alcançando até 3,0 mm, tendo limites embainhados e curvados, extinção ondulante e com evidências de recuperação no contato de grãos. Contém inclusão de plagioclásio sericitizado.

O plagioclásio (20 a 35% de mineralogia total) é subidiomórfico, com extinção ondulante, limite intragranular em geral reto e com textura de equilíbrio. Contém inclusões de apatita e de quartzo. É do tipo andesina-oligoclásio.

O microclínio ocorre como cristais maiores formando porfiroclastos ou como cristais menores que integram a matriz. Os primeiros são com freqüência pertíticos e contêm inclusões de apatita, quartzo e plagioclásio (Fotomicrografias 6 e 7). São deformados, com forte extinção ondulante, limites curvos e embainhados, de contornos reentrantes, xenomórficos e equidimensionais.

Os cristais da matriz são subidiomórficos, em geral límpidos, mais pobres em inclusões, sendo não pertíticos, menos deformados, com formas poligonizadas, limites reto a lobado (intragranular) e curvo a irregular (intergranular). Além disso, desenvolve-se, com freqüência, no limite de grão entre microclínio e plagioclásio, uma franja de tonalidade mais escura como produto de reação entre estes minerais (Fotomicrografia 8).

O clinopiroxênio (diopsídio-hedembergita) ocorre em cristais subidiomórficos, com tamanho médio de 0,6 mm, chegando até 3,0 mm, com pleocroísmo distinto, de verde claro a incolor e amarelo claro, tendo limites curvados e bordos reentrantes.

O clinoanfibólito (hornblenda) ocorre em proporção de cerca de 5% da mineralogia total e associa-se em geral ao clinopiroxênio ao lado da biotita. Possui sinal óptico biaxial (-), com ângulo de extinção em torno de 25°, sendo fortemente pleocróico, indo de verde garrafa a verde amarelado.

ANÁLISE TEXTURAL

COMPLEXO JUIZ DE FORA

As rochas do Complexo Juiz de Fora apresentam evidências texturais que apontam para ocorrência contemporânea de processos de deformação e de recristalização, ora dominando este (textura granoblástica) e ora dominando aquele (textura blastomylonítica - Fotomicrografias 1, 2 e 3). Além disso, aparecem minerais deformados como porfiroclastos em meio a matriz granoblástica com plagioclásio, hornblenda, orto e clinopiroxênio e que exibem texturas "vestigiais" que foram provavelmente geradas por processo de deformação anterior ao que acompanhou a recristalização das

rochas granulíticas.

As relações de contato entre a biotita e o anfibólio, bem como a sua disposição nas bordas e ao longo dos traços de clivagem deste último são indicativas de uma paragênese em desequilíbrio nos granulitos.

A presença de granada com inclusões de quartzo, plagioclásio e anfibólio, indica que se trata provavelmente de um mineral metamórfico gerado juntamente com os piroxênios dos granulitos.

O aparecimento de plagioclásio na forma de porfiroclasto e como integrante da matriz é indicativo de que este mineral cristalizou-se em duas ocasiões distintas ou recristalizou-se; a primeira em associação paragenética com o orto e clinopiroxênio e a segunda em associação com os demais minerais da matriz.

COMPLEXO PARAÍBA DO SUL

As rochas do complexo Paraíba do Sul apresentam como traço textural comum a superposição de associação mineralógica mais nova sobre outra mais antiga, cujas evidências estão registradas no "fabric" da matriz e nos porfiroclastos. Em alguns casos a recristalização predomina sobre a deformação, enquanto que, em outros, ocorre o inverso, resultando assim tipos com texturas cataclásticas.

Foram reconhecidas pelo menos duas fases principais de cristalização (ou recristalização) de minerais, principalmente de microclínio e de plagioclásio, sendo a primeira registrada pelos porfiroclastos e a segunda pela matriz granoblástica. Aqueles são mais deformados, ricos em inclusões, com bordas corroídas, limites curvos e embainhado, com tendência subarredondada e elipsoidal, extinção ondulante fortíssima e lamelas curvadas, sendo pertíticos (microclínio) e antipertíticos (plagioclásio); enquanto os da matriz são mais límpidos, pobres em inclusões, não pertíticos, com limites em geral reto e textura de equilíbrio, dispondendo-se muitas vezes como cristais microgranulares em torno dos porfiroclastos. Além disso, o microclínio de segunda geração invade os cristais de microclínio e de plagioclásio de primeira geração.

A presença de cristais de duas gerações evidencia que rochas originalmente cristalinas foram sujeitas a um processo de deformação acompanhado de recristalização que foi responsável pela formação de porfiroclastos.

O aparecimento de microclínio de segunda geração, como parte da matriz, pode ter sido resultante tanto da destruição dos de primeira geração por deformação e recristalização, incluindo a destruição de pertitas e das inclusões, quanto ligado a um episódio de migmatização que teria precedido a recristalização da matriz. É provável, entretanto, que os dois processos tenham ocorrido conjuntamente. Além disso, existe indicação de que os cristais de microclínio intersticiais, juntamente com intercrescimento mirmequítico e micropegmatítico, estejam vinculados a um outro episódio de migmatização tardio ou posterior à recristalização da matriz.

COMPLEXO SERRA DOS ÓRGÃOS

As relações texturais observadas no Complexo Serra dos Órgãos, notadamente nos melanossomas dos migmatitos, são as mesmas já descritas acima para os Complexos Juiz de Fora e Paraíba do Sul. Observam-se da mesma forma as duas fases de geração e de deformação de minerais, cujas características são idênticas àquelas referidas anteriormente. Os porfiroclastos são representados principalmente pelo plagioclásio, microclínio e, mais raramente, pelo clinoanfibólio (hornblenda) e clinopiroxeno (diopsídio-hedembergita).

As observações sobre as texturas dessas rochas revelam que a recristalização, muitas vezes, é tão intensa que se torna difícil a distinção entre porfiroclasto e porfiroblasto.

ANÁLISE DO METAMORFISMO

A análise conjunta dos dados petrográficos e texturais contidos nos itens anteriores é indicativa da superposição de eventos de metamorfismo e de deformação, os quais afetam na região estudada rochas de diferentes níveis crustais. Esses aspectos têm sido também registrados por outros autores que trabalharam no segmento norte da Faixa Paraíba do

Sul, como COSTA e MARCHETTO (1978), CAMPANHA (1980) e OLIVEIRA (1983).

METAMORFISMO DE ALTO GRAU

O metamorfismo de alto grau é registrado por associações minerais de fácies granulito do Complexo Juiz de Fora. Os dados petrográficos demonstram que estas rochas estabilizaram-se em fácies granulito e foram submetidas a um novo episódio metamórfico que as recristalizou em fácies metamórfico mais baixo. O registro desta evolução anterior é dado pela presença de porfiroclastos de clino e ortopiroxênios. Estes minerais ocorrem em meio a matriz recristalizada com assembléia mineral compatível com a porção superior da fácies anfibolito.

Tomando como referência as associações mineralógicas observadas numa mesma lâmina delgada, e assumindo que elas estiveram em equilíbrio antes da deformação, pode-se estabelecer as seguintes assembléias minerais:

- (1) Hornblenda + plagioclásio + quartzo + clinopiroxênio.
- (2) Hornblenda + plagioclásio + clinopiroxênio + granada + quartzo + ortopiroxênio.
- (3) Hornblenda + plagioclásio + clinopiroxênio + ortopiroxênio + quartzo.

A correlação dos dados petrográficos e texturais dos granulitos estudados com as informações colhidas na literatura permite apontar algumas considerações gerais sobre as condições metamórficas a que essas rochas estiveram sujeitas, quais sejam:

- 1º) As assembléias mineralógicas determinadas se enquadram no metamorfismo catazonal das fácies granulito de diversos autores, a saber: subfácies hornblenda granulito de TURNER e VERHOOGEM (1960) e subzona hiperstênio - plagioclásio granulito com hornblenda de WINKLER (1977).
- 2º) Tomando por referência a classificação de LAMBERT e HEIER (1969), as rochas granulíticas da região estudada encontram correspondência com os terrenos granulíticos de média pressão, haja visto a equivalência das associações mineralógicas (1) e (3) e uma boa aproximação dos tipos composticionais. A presença de granada na associação (2) pode ser devido à composição da rocha original, de forma análoga ao que é discutido em MANNA e SEN (1974) e MIYASHIRO (1975). Da mesma forma, as associações (1) e (3) correspondem aproximadamente à associação de média pressão, definida por GREEN e RINGWOOD (1976) a partir de dados experimentais. A ausência de cordierita ou cianita nas paragêneses estudadas pode confirmar essa observação.
- 3º) A ausência generalizada de k-feldspato nas assembléias mineralógicas (1), (2) e (3) foi determinada provavelmente pela composição original das rochas pré-granulitizadas, haja visto a presença de termos deficientes em k-feldspato, conforme fica demonstrado através da composição essencialmente tonalítica dessas rochas.
- 4º) O aparecimento de granada (tipo almandina) numa assembléia mineral ao lado do ortopiroxênio (2) pode ser devido à presença de tipos mais aluminosos com deficiência de cálcio (DE WAARD, 1964). MANNA e SEN (1974), ao contrário de DE WAARD (op. cit.), não atribuem a formação de granada ao aumento da pressão, mas sim a uma composição mais rica em ferro na rocha original. GRIFFIN e HEIER (1969) atribuem às condições de pressão média de acordo com o trabalho de GREEN e RINGWOOD (1967). MIYASHIRO (1975) considera que a formação e a composição da granada são fortemente controladas pela razão $Al_2O_3/(MgO + FeO)$ e FeO/MgO e pelas condições de oxidação da rocha.
- 5º) Com base no aparecimento de granada numa das assembléias estudadas (2) podem-se considerar os seguintes parâmetros de pressão e de temperatura para formação das rochas granulíticas em questão: 6 - 8,5 kb e 750-830°C (MANNA e SEN, 1974); 10 a 13 kb e 800 a 860°C (MANNA e SEN, 1974); 5 a 10 kb e 700 a 850°C (HENSEN e GREEN, 1973); 10 kb e 760°C (como valores mínimos - DE WAARD, 1967).

Esses dados são, no geral coerentes com os parâmetros de temperatura e pressão, calculados por OLIVEIRA (1980 e 1981) para as rochas granulíticas do segmento norte da Faixa Paraíba do Sul, a partir da coexistência de orto e clinopiroxênio nessas rochas, com valores situados entre 850 e 880°C e pressões totais inferiores a 8 kb.

METAMORFISMO DE MÉDIO A ALTO GRAU

O metamorfismo de grau médio a médio-alto deixa o seu registro nas rochas que compõem os Complexos Paraíba do Sul e Serra dos Órgãos e a sua caracterização é evidenciada através das associações mineralógicas, incluindo mineral índice de metamorfismo, e presença generalizada de migmatização em grande parte de suas rochas.

A correlação dos dados petrográficos e das transformações texturais com as associações mineralógicas observadas numa mesma lâmina, às vezes com textura de equilíbrio, permite discutir o significado metamórfico e deformacional porque passaram essas rochas. Abaixo são relacionadas as associações mineralógicas identificadas em diferentes rochas do Complexo Paraíba do Sul.

ASSOCIAÇÕES MINERALÓGICAS DO COMPLEXO PARAÍBA DO SUL

- 1º) Biotita (hornblenda)-plagioclásio gnaisses
A) Plagioclásio + quartzo + K-feldspato(microclínio) + biotita ± hornblenda
- 2º) Biotita gnaisses e gnaisses granítoides
B) Biotita + quartzo + K-feldspato (microclínio) + plagioclásio
- 3º) Gnaisse Kinzigítico
C) Quartzo + microclínio + plagioclásio + biotita + granada ± silimanita
- 4º) Anfíbolitos
D) Hornblenda + clinopiroxênio + plagioclásio
E) Hornblenda + plagioclásio + clinopiroxênio ± quartzo ± biotita
F) Tremolita/actinolita ou cummingtonita/grunerita
- 5º) Cálcio-silicáticas
G) Clinopiroxênio + hornblenda + plagioclásio + quartzo ± titanita ± granada
H) Quartzo + plagioclásio + clinopiroxênio + hornblenda
- 6º) Mármore
I) Carbonato + flogopita ± clinopiroxênio
J) Carbonato (calcita) + clinopiroxênio + flogopita ± zoisita e clinozoisita

As informações oriundas dos dados petrográficos e das assembléias mineralógicas permitem situar as rochas do Complexo Paraíba do Sul na porção superior da fácie anfíbolito de TURNER (1981) e de WINKLER (1965 e 1967) ou no limite superior do grau médio a grau alto de WINKLER (1977) bem como enquadrá-las num tipo bárico intermediário de acordo com as classificações de MIYASHIRO (1973) e de DEN TEX (1965).

CONCLUSÕES

Os dados apresentados e discutidos neste trabalho comprovam a existência de eventos superpostos de metamorfismo e de deformação, que foram responsáveis pela geração de paragêneses minerais mais antigas, registradas nos porfiroclastos, e outras mais novas que constituem principalmente uma matriz granoblástica.

As rochas do Complexo Juiz de Fora, na área estudada, foram submetidas a uma primeira fase de metamorfismo de alto grau (fácie granulito) de média pressão, a qual foi seguida por deformação, superpondo-se uma segunda fase de metamorfismo que atingiu a porção superior da fácie anfíbolito de pressão intermediária.

As rochas do Complexo Paraíba do Sul passaram igualmente por duas fases principais de metamorfismo, ambas em condições de pressão intermediária e no limite entre o grau médio e alto. Em vários locais, as associações minerais são indicativas de grau alto. Além disso, existem evidências de uma terceira fase de metamorfismo porém, mais fraca do que as anteriores, a qual foi responsável pela formação de microclínio intersticial de terceira geração, juntamente com o intercrescimento mirmecítico e micropegmatítico, cuja relação temporal é nitidamente posterior a recristalização da matriz.

Os melanossomas dos migmatitos do Complexo Serra dos Órgãos apresentam igualmente as mesmas relações texturais observadas no Complexo Paraíba do Sul, bem como associações minerais similares. Esses aspectos denotam que os mesmos processos de metamorfismo e de deformação atingiram os Complexos estudados. Um traço comum entre essas rochas é a pre-

sença de feldspato bimodal (K-feldspato e plagioclásio) na forma de porfiroclastos ou como integrante da matriz, diferindo apenas nas proporções relativas em que aparecem.

AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos são devidos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (M.A.F., Proc. 81/0576-7) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (R.M., Proc. 40.0539/82), pelo apoio financeiro que possibilitou a realização deste trabalho. Um dos autores agradece também ao CNPq pela Bolsa de Pesquisa (R.M., Proc. 300.423-82).

BIBLIOGRAFIA

- BARBOSA, A.L.M. & GROSSI SAD, J.H. - 1983b - Petrologia dos charnockitos e rochas afins ao longo da divisa de Minas Gerais - Rio de Janeiro. SBG, Anais II Simp. Geol. Minas Gerais, BH, p.63-74.
- BARBOSA, A.L.M. & GROSSI SAD, J.H. - 1983c - Geoquímica e Petrologia dos charnockitos e rochas afins do Complexo Juiz de Fora, MG-RJ. SBG., Anais II Simp. Geol. Minas Gerais, BH, p.75-82.
- BATISTA, J.J. - 1984 - Caracterização dos Processos Geológicos - Evolutivos Pré-Cambrianos na região de São Fidélis, norte do Estado do Rio de Janeiro. Tese de Doutoramento, Inst. Geociências, USP, São Paulo [inédito].
- CAMPANHA, G.A. de C. - 1980 - O lineamento de Além-Paraíba na Área de Três Rios (RJ). Dissertação de Mestrado, Inst. Geoc., USP, 109p., São Paulo [inédito].
- CAMPANHA, G.A. de C. - 1981 - O lineamento de Além-Paraíba na Área de Três Rios (RJ). Rev. Bras. Geoc., 11(3):159-171, São Paulo.
- COSTA, L.A.M. & MARCHETTO, C.M.L. - 1978 - Evolução textural dos granulitos de São Fidélis, RJ. An. XXX Congr. Bras. Geol., 3:1250-1264, Rio de Janeiro.
- DEN TEX, E. - 1965 - Metamorphic lineages of orogenic plutonism. Geol. & Mijnb., 44(4):105-135.
- DE WAARD, D. - 1965 - The occurrence of garnet in the granulites facies terranes of the Adirondack Highlands. J. Petrol., 6:165-191.
- DE WAARD, D. - 1967 - The occurrence of garnet in the granulites facies terranes of the Adirondack Highlands and elsewhere, an amplification and a reply. Petrol., 8:210-232.
- EBERT, H. - 1955 - Geologia do Pré-Cambriano, Brasil. In: Rel. An. Diretor. DGM-DNPM, ano de 1955, p.62-91, Rio de Janeiro.
- GREEN, D.H. & RINGWOOD, A.E. - 1967 - An experimental investigation of the gabbro to eclogite transformation and its petrological Application. Geochim. Cosmochim. Acta, 31:767-833.
- GRIFFIN, W.L. & HEIER, K.S. - 1969 - Parageneses of garnet in granulite facies rocks, Lofoten Versteraalen. Norway. Contr. Min. Petr., 23:89-116.
- GROSSI SAD, J.H. & BARBOSA, A.L.M. - 1985 - A origem dos charnockitos e Rochas Afins da Região do Médio Paraíba do Sul, Estado do Rio de Janeiro. In: Contribuições à Geologia e à Petrologia. Bol. SP SBG., Belo Horizonte, p.15-27.
- HENSEN, B.J. & GREEN, D.H. - 1973 - Experimental study of cordierite and garnet in pelitic composition at high pressures and temperatures. III-Synthesis of experimental data and geological applications. Contr. Miner. Petr., 38:151-166.
- LAMBERT, I.B. & HEIER, R.S. - 1968 - Geochemical investigations of deep-seated in the Australian Shield. Lithos, 1:30-53.
- MACHADO, R. - 1984 - Evolução Geológica, Análise Estrutural e Metamórfica da Região de Vassouras e Paracambi, Porção Ocidental do Estado do Rio de Janeiro. Tese de Doutoramento, Inst. Geociências, USP, São Paulo [inédito].
- MANNA, S.S. & SEN, S.K. - 1974 - Origin of garnet in the Basic Granulites around Saltora, W.Bengal, India. Contr. Mineral. Petr., 44:195-218.
- MIYASHIRO, A. - 1975 - Metamorphism and metamorphic belts. 2nd ed., Great Britains: Georg Allen and Unwin.

- OLIVEIRA, M.A.F.de - 1980 - Petrologia das rochas granulíticas da Faixa Paraíba do Sul. Tese de Livre Docênc, Inst.Geoc.Ciênc., UNESP, Rio Claro, 116p.
- OLIVEIRA, M.A.F.de - 1981 - Granulitos da Faixa Paraíba do Sul: Caracteres químicos dos piroxênios e valores geotermométricos. Rev.Bras. Geoc., 11(4):222-226.
- OLIVEIRA, M.A.F.de - 1983 - As rochas granulíticas da Faixa Paraíba do Sul. Rev.Bras.Geoc., 13(2):84-92.
- STRECKEISEN, A. - 1974 - How should charnockitic rocks be named? In: Geologie des Domines cristallins, Soc.Geol.Belg., p.349-360.
- STRECKEISEN, A. - 1976 - Classification of the common igneous rocks by means their chemical composition: a provisional attempt. N.J.B.Miner.Mon., p.1-15.
- TURNER, F.J. - 1981 - Metamorphic Petrology: Mineralogical Field, and tectonic aspects. 2^aed., New York: McGraw-Hill Book Co., p.524.
- TURNER, F.J. & VERHOOGEN, J. - 1960 - Igneous and Metamorphic Petrology. 2^aed., New York: McGraw-Hill Book Co., 694p.
- WINKLER, H.G.F. - 1965 e 1967 - Petrogenesis of Metamorphic rocks, (1^a e 2^aed.) New York: Springer Verlag.
- WINKLER, H.G.F. - 1977 - Petrogênese das rochas metamórficas. Tradução Carlos Buryer Júnior. São Paulo. Ed.Edgard Blücher Ltda., 254p.
- WOOD, B.J. - 1975 - The influence of Pressure, Temperature and bulk composition on the appearance of garnet in orthogneisses-An example from South Harris, Scotland. Earth.Planet.Sci.Lett., 26:299-311.

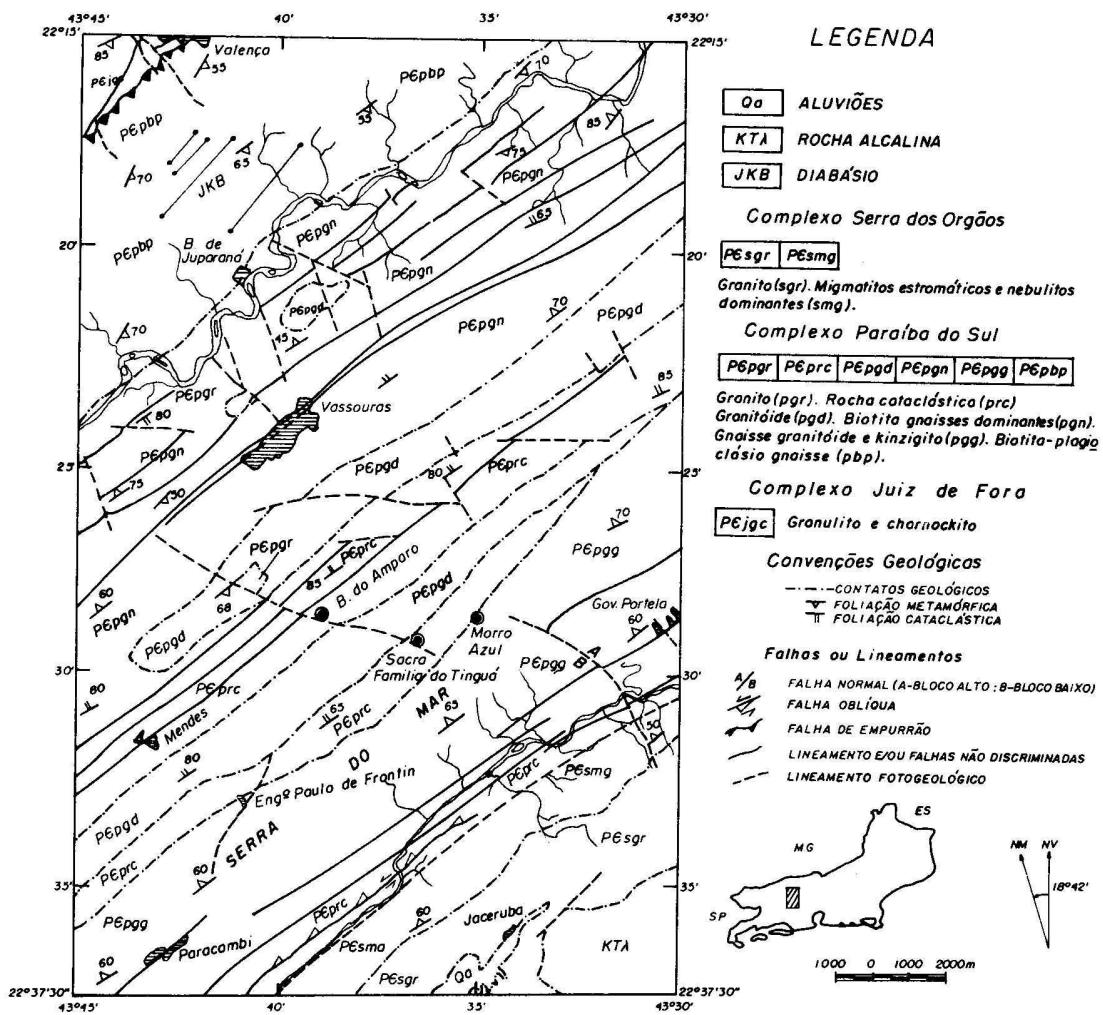
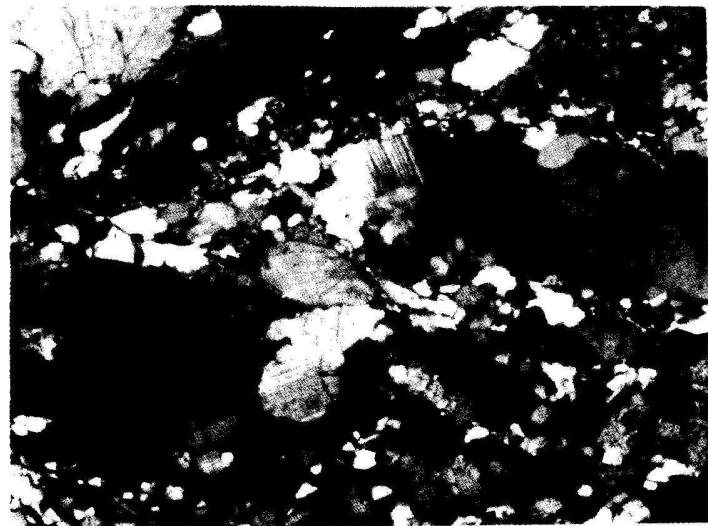
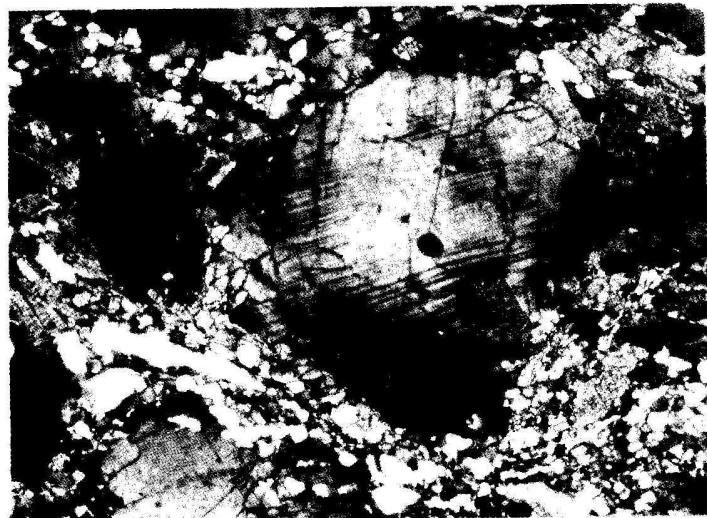


FIG. 1 — MAPA GEOLOGICO DA REGIÃO DE VASSOURAS E PARACAMBI (RJ)
(Simplif. de Machado, 1984)



Fotomicrografia 1

Lâmina delgada. Amostra 490a. Granulito blastomylonítico. Porfiroclastos de plagioclásio em mosaico granoblásico de plagioclásio, quartzo e biotita, com esta última alinhando-se em microzonas de cisalhamento. Nicóis cruzados. Aumento 38 X.



Fotomicrografia 2

Lâmina delgada. Amostra 496a. Blastomylonito. Porfiroclasto de plagioclásio maclado em meio a uma matriz recristalizada contendo quartzo, plagioclásio, biotita e mica crocâneo. Notar as lamelas curvadas no porfiroclasto e a forma arredondada com os bordos corroídos. Nicóis cruzados. Aumento 38 X.



Fotomicrografia 3

Lâmina delgada. Amostra 496a. Blastomilonito. Porfiroclasto de hornblenda circundado por um mosaico recristalizado contendo quartzo, microclíneo, plagioclásio e biotita. Observar a forma elipsoidal do porfiroclasto com bordos corroídos e preservação de microfraturas de cissamentação, oblíquas aos traços de clivagem, anteriores à recristalização da matriz. Nicóis cruzados. Aumento 38X.



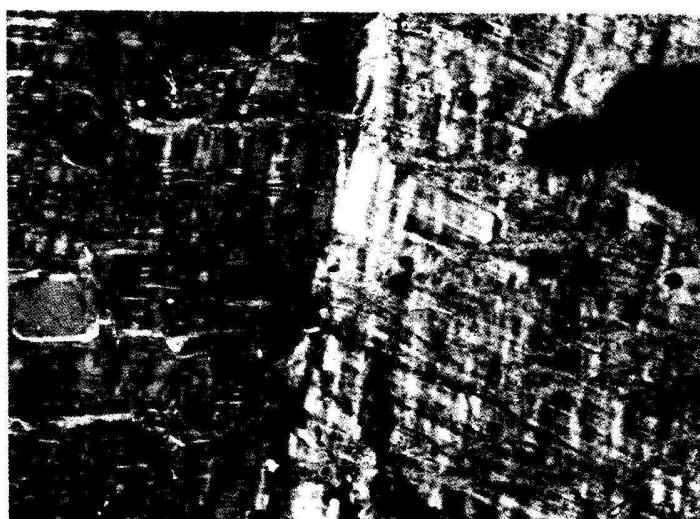
Fotomicrografia 4

Lâmina delgada. Amostra 621a. Cristais de quartzo dispostos na forma de leitos ao lado do microclíneo e do plagioclásio saussuritizado. Nicóis cruzados. Aumento 38X.



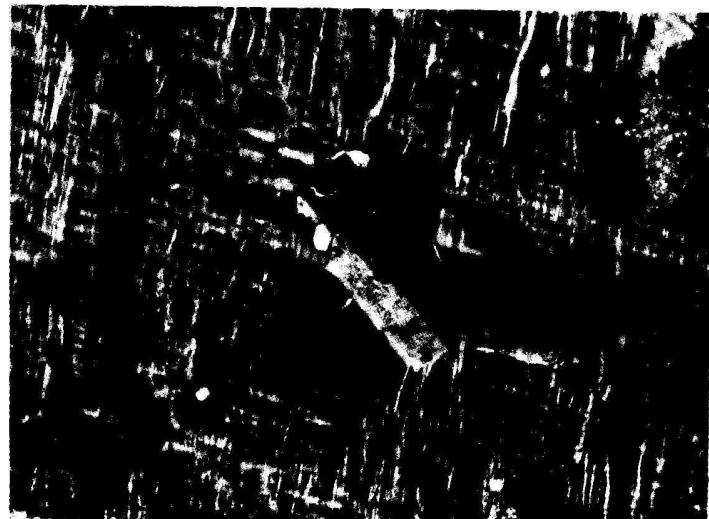
Fotomicrografia 5

Lâmina delgada. Amostra 618b. Cristais de quartzo com extinção ondulante em diferentes direções e com aspectos evidentes de recuperação de grão. Notar as inclusões de hornblenda e de plagioclásio. Este último contém inclusões de quartzo. Nicóis cruzados. Aumento 38 X.



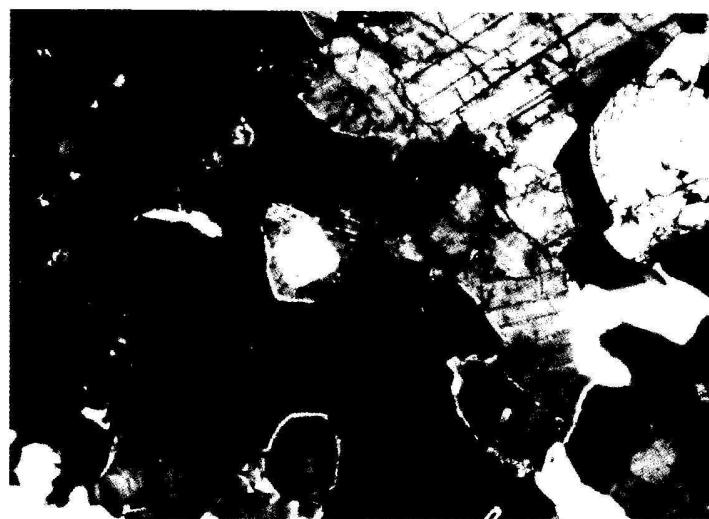
Fotomicrografia 6

Lâmina delgada. Amostra 68. Megacristal de microclíneo com preservação da macla de Carlsbad do ortoclásio. Notar a presença de inclusão de plagioclásio idiomórfico. Nicóis cruzados. Aumento 38 X.



Fotomicrografia 7

Lâmina delgada. Amostra 68. Mesmo megacristal da Foto micrografia anterior, mostrando inclusões de plagioclássio parcialmente saussuritizado e plagioclásio com a macela de Carlsbad. Nicóis cruzados. Aumento 38 X.



Fotomicrografia 8

Lâmina delgada. Amostra 7. Megacristal (porfiroclasto) de microclíneo de 1^a geração (I) e cristais intersticiais de microclíneo de 2^a geração (II) em contato com o quartzo e o plagioclásio. No contato com este último desenvolve-se uma franja de reação de tonalidade mais clara. Notar que na porção central da fotomicrografia ocorre inclusão de plagioclásio no microclíneo(I) e de quartzo no plagioclásio. Nicóis cruzados. Aumento 38 X.