

EVOLUÇÃO POLIFÁSICA DO PRECAMBRIANO
A OESTE DE SÃO PAULO

por

Yociteru Hasui

Departamento de Geologia Geral

ABSTRACT

A poliphasical structural and crystalline evolution is showed for the region between São Paulo City and the edge of the Paraná Basin, in the São Roque and Paranapiacaba Assemblages of faulted Blocks at north of 24°S parallel.

The first event of crystallisation was the pre-tectonic magmatism I₁, now represented by metabasites, contemporaneous to the geosynclinal stage.

A deformation phase F₁, that seems to have occurred during the geosynclinal inversion, is considered responsible for recumbent isoclinal or closed folds, not yet very well characterized. Contemporaneously, the regional metamorphism M₁ developed amphibolite facies assemblages. Migmatization m₁ also occurred during this phase of deformation.

The deformation phase F₂ originated closed folds (rarely isoclinal and open folds), with subvertical axial planes. F₂ was the principal phase and affected all the regions. In the São Roque Assemblage it was the first event of deformation; the regional metamorphism M₁ occurred during this event at greenschist and amphibolite facies; the late-tectonic granitic magmatism also took place contemporaneously

to F₂ but after M₁. This magmatism imposed local contact metamorphism M₂. In the Paranapiacaba Assemblage, the F₂ folding seems to be superimposed to F₁ folding coaxially. The magmatism I₂ in this Assemblage is syntectonic in relation to F₂.

The last folding was produced during F₂ event, already in rigid conditions, and is represented by undulations, crenulations and transpositions.

Following, post-tectonic granitic intrusions I₃ has been emplaced, imposing contact transformations M₃.

The retrograde metamorphism M₁ seems to be related to the orogenic and the re-heating due to I₃, and has clearly affected amphibolite facies lithologies.

Finally, a F₄ deformation phase originated the transcurrent faults responsible by the block faulted tectonic style of the region. The rocks in the fault zones was affected by intense cataclastic metamorphism M₅.

The poliphasic evolution is related to the Brazilian tecto-orogenic cycle (450-650 m.y.).

RESUMO

No Precambriano a oeste da capital paulista, a norte do paralelo 24ºS e a sul dos Falhamentos de Jundiuvira e Itu, reconhecem-se os Conjuntos São Roque e Paranapiacaba de blocos falhados, o primeiro sendo domínio do Grupo São Roque e o segundo do Grupo Açungui, separados pelo Falhamento de Taxaquara.

Nesses dois conjuntos reconhecem-se eventos de magmatismo (básico pré-tectônico, gra-

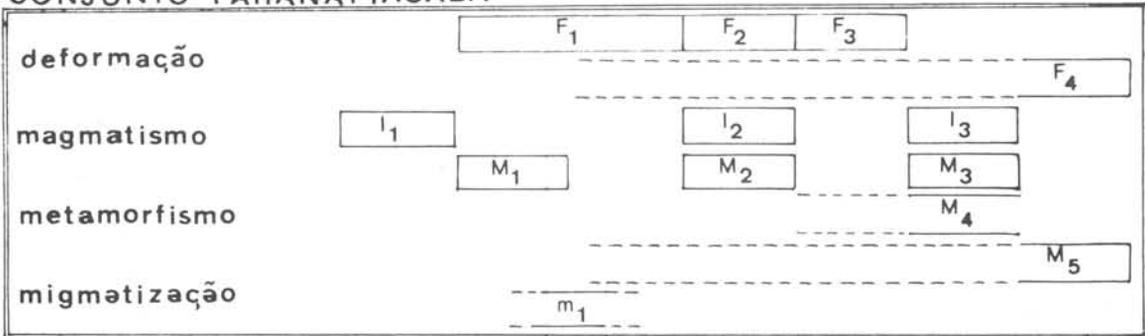
nitóide sin e tardi-tectônico, granitóide pós-tectônico), de metamorfismo (regional, dois de contato, retrógrado e cataclástico), de deformação (um ou dois de dobramento, um de crenulação e transposição, um de transcórrencia), configurando uma evolução polifásica da região. Os eventos são sequenciados de modo a se estabelecer a evolução geológica da região, como mostra a tabela 1.

Todos esses eventos se vinculam ao Ciclo Brasileiro (650–450 m.a.).

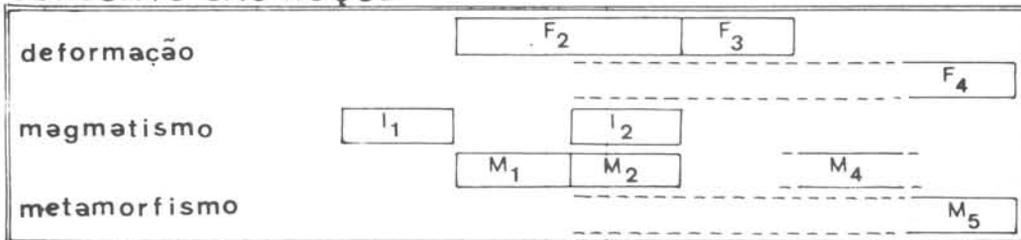
TABELA 1

Eventos de deformação e de cristalização

CONJUNTO PARANAPIACABA



CONJUNTO SÃO ROQUE



- | | | | |
|----------------|---|----------------|--|
| M ₁ | metamorfismo regional | F ₁ | dobramento recumbente |
| M ₂ | metamorfismo de contato | F ₂ | dobramento de planos axiais subverticais |
| M ₃ | metamorfismo de contato | F ₃ | crenulação e transposição |
| M ₄ | metamorfismo retrógrado | F ₄ | lineagênese |
| M ₅ | metamorfismo cataclástico | | |
| I ₁ | magmatismo pré-tectônico | | |
| I ₂ | magmatismo tardi-tectônico e sintectônico | | |
| I ₃ | magmatismo pós-tectônico | | |
| m ₁ | migmatização | | |

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tivemos ensejo de desenvolver estudos geológicos sobre o Precambriano exposto na região a oeste da capital paulista, interessando ao Grupo São Roque, ao Grupo Açungui e aos migmatitos da região de Embu-Juquitiba que pertencem também a essa última unidade estratigráfica (Hasui, 1975).

A evolução geológica dessa região foi complexa, com uma série de eventos da magmatismo, metamorfismo e deformação, que julgamos merecer uma descrição e discussão visando a regionalização deles. Apresentá-las aqui constitui objeto desta nota.

A região aqui focalizada situa-se a norte do paralelo 24ºS e a sul dos Falhamentos de Jundiuvira e Itu. A oeste, o limite é a borda da Bacia do Paraná, onde os sedimentos do Grupo Tubarão vem cobrir o embasamento cristalino. A leste, limitamo-nos ao meridiano 46º 45'W.

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo auxílio concedido para a realização desta pesquisa (Proc. 71/123).

GEOLOGIA REGIONAL

A oeste de São Paulo foram descritas duas zonas de falhamento transcorrente de maior significado, isolando compartimentos designados, de norte para sul, Bloco Jundiáí, Conjunto São Roque e Conjunto Paranapiacaba (Hasui, 1975). Esses falhamentos são os de Jundiuvira (Hasui et al., 1969) e de Taxaquara (Hennies et al., 1967).

A propósito do Falhamento de Jundiuvira cabe uma revisão. De acordo com a descrição original ele teria uma forma curva, com a convexidade voltada para sul. Examinando, porém, o prolongamento do vale do Rio Jundiuvira, constatamos dois fatos:

- a) o *stock* granitóide de Sorocaba é extremamente alongado, tendo se alojado com o eixo maior coincidindo com esse prolongamento;
- b) a NW do corpo, as encaixantes mostram estruturas orientadas segundo NW-SE, enquanto na parte SE a orientação é N50E, em flagrante discordância estrutural. Tais fatos indicam que o falhamento que passa pelo vale retilíneo do Rio Jundiuvira se prolongava até a região de Sorocaba. A essa feição propomos aqui restringir o nome **Falhamento de Jundiuvira**. Por outro lado, o *stock* granitóide de Guaxatuba, na descrição original (Hasui et al., 1969), seria truncado pelo *Falhamento de Jundiuvira* a sul e pelo Falhamento de Itu a norte. Na realidade, todo o corpo granitóide, de forma estreita e alongada, está cataclásado e é preferível considerar uma zona de falhamento única, à qual propomos designar **Falhamento de Itu**.

Dessa maneira, o Conjunto São Roque se limita a norte pelo Falhamento de Itu e uma parte do Falhamento de Jundiuvira. Nesse conjunto situa-se o Grupo São Roque, uma sequência metassedimentar ectinítica de fácies xisto verde a anfíbolito. Esse grupo acha-se penetrado por vários corpos granitóides tardi-tectônicos.

O Conjunto Paranapiacaba é constituído pelo Grupo Açungui, tradicionalmente considerado como constituído por ectinitos similares aos do Grupo São Roque, e por migmatitos estromatíticos também por tradição incluídos num Complexo Migmatítico. Na região em pauta, segundo esses conceitos e em termos gerais, o Grupo Açungui comparece na região de Pilar do Sul e os migmatitos estão presentes na região de Embu-Juquitiba. O Batólito granitóide de Ibiuna (Hasui, 1975) se interpõe entre esses ectinitos e migmatitos, de modo que a relação entre eles não é diretamente visível.

No detalhe, notamos que em meio do ba-

tólito de Ibiuna e às suas bordas na região de Pilar do Sul também comparecem rochas migmatíticas.

O Grupo Açungui e os migmatitos também se acham penetrados por vários corpos granitóides tardi-tectônicos e pós-tectônicos.

Detalhes sobre a geologia da região são apresentados por Hasui et al., (1969), Hasui (1975) e Hasui e Coimbra (1975).

ANÁLISE DO MAGMATISMO

O magmatismo originou na região em pauta:

- 1) vários corpos de rochas básicas, transformadas pelo metamorfismo regional em fácies xisto verde.
- 2) numerosos corpos heterogêneos de rochas granitóides.
- 3) alguns corpos homogêneos de rochas granitóides.

Os primeiros ora são concordantes, com a estratificação reliquia dos metassedimentos, ora são discordantes, com espessura e extensões restritas. Somente dois corpos, o de Alumínio e o de Pirapora, alcançam várias centenas de metros.

Nos metabasitos de fácies xisto verde, as antigas texturas e mineralógicas magmáticas são ainda reconhecíveis sob o microscópio, como nos corpos de Alumínio, Pirapora, Vau Novo e Pilar do Sul. Quando as transformações se deram em fácies anfíbolito, raramente se vêem vestígios de texturas originais, como no corpo de Juquitiba.

Esses corpos se constituíram antes do metamorfismo regional que foi sintectônico, como

veremos adiante. Podemos dizer, então, que eles são **pré-tectônicos**.

Os corpos heterogêneos de rochas granitóides são stocks e batólitos, cujas características podem ser assim resumidas.

- 1 – São corpos alongados, com eixo maior paralelo à orientação dos dobramentos das encaixantes.
- 2 – Os contatos são mormente concordantes, mas discordância são claras nas extremidades e em zonas de reentrâncias. São corpos circunscritos.
- 3 – As encaixantes sofreram influência da intrusão, quer sob a forma de metamorfismo de contato, quer sob a forma de metassomatismo aditivo, hidrotermalismo e pneumatólise.
- 4 – A rocha tem sempre uma matriz fina, de natureza granodiorítica a quartzodiorítica, com foliação conspicua e orientada em concordância com a direção dos dobramentos da encaixante. Porfiroblastos de microclíneo e de oligoclásio se desenvolveram tardiamente, em quantidades e dimensões variáveis. Quanto mais e maiores esses cristais, mas tênue se torna a foliação da matriz. Dada a incidência variável da feldspatização, as rochas resultantes mostram granulações, texturas e composições variáveis. As granulações variam de fina até muito grossa; as texturas são porfiroblástica, inequigranular seriada e microporfiroblástica; as composições vão de granítica a granodiorítica. As rochas com textura porfiroblástica são comumente designadas *granito Pirituba* ou *olho de sapo*.
- 5 – Indícios de cataclase são generalizados nas rochas granitóides, em grande parte atribuíveis a falhamentos posteriores, em parte relacionáveis com a evolução tectônica.

6 – Quando as rochas regionais são de fácies xisto verde, nas bordas dos corpos granitóides elas passam a metamorfitos de fácies anfíbolito, indicando a penetração em núcleos de macroestruturas culminantes. As faixas marginais de grau metamórfico mais elevado têm larguras de alguns a várias centenas de metros e elas já se achavam metamorfisadas quando da intrusão. Quando as rochas regionais são de fácies anfíbolito, aquela relação estrutural não é visível, mas as encaixantes mostram efeitos de metassomatismo, hidrotermais e pneumatolíticos.

Tais corpos no Conjunto São Roque devem ser classificados como **tardi-tectônicos**, tendo se introduzido sob vigência de um regime de esforços, mas logo após o metamorfismo regional. No Conjunto Paranapiacaba, as intrusões se deram sob vigência de um regime de esforços, muito depois do metamorfismo regional, tanto que a xistosidade foi ondulada por essa dinâmica. Então, os corpos granitóides foram **sintectônicos**.

Os corpos granitóides citados cobrem mais de 50% da área do Precambriano exposto a oeste de São Paulo e podemos afirmar que são devidos ao magmatismo mais importante.

Os corpos granitóides homogêneos são stocks, cujas características mais importantes são:

- 1 – São corpos de forma irregular, discordantes com as estruturas regionais.
- 2 – Os contatos são abruptos e perfeitamente delimitáveis; são corpos circunscritos.
- 3 – As rochas encaixantes mostram-se afetadas pelas intrusões, tendo sofrido metamorfismo de contato e discreto hidrotermalismo e pneumatólise.

4 – A rocha é homogênea de natureza normalmente adamelítica, de cor rósea, sem qualquer foliação. Só nas bordas dos corpos é que eventualmente se vêem tipos petrográficos mais finos e mesmo foliados.

5 – Indícios muito discretos de cataclase existem, atribuíveis à tectônica do granito (protocataclase). Só onde são truncados por falhamentos posteriores é que se notam texturas de cataclase mais intensa.

São corpos pós-tectônicos. Eles ocorrem em número de três na região de Pilar do Sul e dois na região de Embu-Guaçu. Vários são reconhecidos no Bloco Jundiáí, já a norte dos Falhamentos de Jundiuvira e Itu.

As rochas granitóides citadas foram datadas por Cordani e Kawashita (1971), que obtiveram as cifras de 600 e 540 m.a. para os tipos heterogêneos (sin- e tardi-tectônicos) e homogêneos (pós-tectônicos), o que permite vincular esses magmatismos ao Ciclo Brasileiro.

Um corpo metabásico, o de Pirapora, forneceu idade K-Ar de 710 m.a. (Hasui e Hama, 1972), o que deve corresponder a uma idade mínima para o metamorfismo regional e para o magmatismo pré-tectônico, o que ainda é compatível com o Ciclo Brasileiro.

Em suma, distinguimos três fases de magmatismo a que designaremos I₁ (pré-tectônico), I₂ (sin- e tardi-tectônico) e I₃ (pós-tectônico).

Manifestações magmáticas mais recentes foram descritas por Hasui (1975), relacionados com o processo da Reativação Wealdeniana da Plataforma Sul-Americana (Almeida, 1967).

ANÁLISE DO METAMORFISMO

No Grupo São Roque, o metamorfismo

regional se deu em fácies xisto verde. Assim é que nas rochas metapelíticas e metapsamíticas, as associações minerais são combinações diversas de sericita-moscovita, clorita, biotita, minerais do grupo do epidoto, quartzo, albita, grafita e ocasionalmente microclíneo. Nas rochas calcárias as paragêneses envolvem carbonatos, actinolita-tremolita, quartzo, grafita e sericita. Os metabasitos são constituídos, dentre outros minerais, por actinolita-tremolita, clorita, minerais do grupo do epidoto, quartzo, calcita, titanita e biotita.

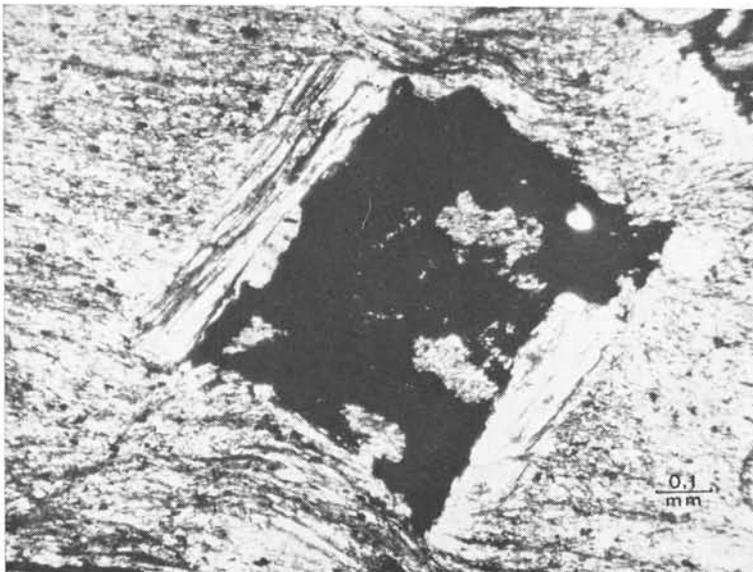
Em termos de distribuição espacial, os filitos cedem lugar a xistos ao nos aproximarmos dos corpos granitóides. Nesses xistos, com maior frequência, as associações são compatíveis com a fácies xisto verde, mas não é raro constatarmos a incidência de granada e oligoclasio, indicando condições mais drásticas. Corpos de anfibolito típico existem intercalados nesses xistos, constituídos essencialmente de hornblenda e andesina, atestando condições de fácies anfibolito; exemplos nos são dados pelos anfibolitos das regiões de Jaraguá, Morro do Tico-Tico e Sul de Alumínio. A existência dessas faixas marginais não constitui novidade, tendo sido constatadas

por Hasui et al. (1969), Penalva e Hasui (1970) e Coutinho (1972).

Nas vizinhanças dos corpos granitóides, as rochas encaixantes sofreram modificações. Xistos maculados por microporfiroblastos e porfiroblastos de moscovita sem orientação preferencial, moscovita hornfels, hornfels básicos e hornfels calco-silicatos podem ser vistos. No corpo metabásico de Alumínio, a sua parte próxima ao corpo granitóide de São Francisco mostra associações minerais compatíveis com a fácies hornblenda-hornfels e, mais à distância do contato, com a fácies albita-epidoto hornfels.

As rochas encaixantes mostram ainda a presença de turmalina, apatita e pirita, em forma de porfiroblastos, que diminuem em tamanho e quantidade ao se distanciar do contato com o corpo granitóide.

Nas rochas formadas em fácies anfibolitos aparecem generalizadamente associações em desequilíbrio, como biotita-clorita, zoisita-clinozoisita, saussuritização de plagioclásios e plagioclásios com bordas albíticas, relacionáveis a processo retrometamórfico (M4). A datação



FOTOMICROGRAFIA 1 — Porfiroblasto de pirita no filito. As inclusões de filito guardam a orientação da matriz que foi ondulada anteriormente à formação do porfiroblasto. As ondulações são devidas a crenulação. Porfiroblastos de moscovita cresceram nas zonas de sombra do cristal de pirita. N+. 6 km a SE de Pilar do Sul.

desse fenômeno, mesmo em termos relativos, não foi possível, sabe-se apenas que sucedeu ao metamorfismo regional e provavelmente se relaciona com oscilações das condições físicas e químicas durante o esfriamento regional.

A Sul do Falhamento de Taxaquara, podemos abordar separadamente os ectinitos e os migmatitos. Os ectinitos do Grupo Açungui mostram evidências de fenômenos em tudo análogos aos acima descritos para o Grupo São Roque, devendo-se apenas adicionar efeitos de contato (M3) produzidos por corpos granitóides pós-tectônicos. Estes efeitos se manifestam pela formação de xistos maculados por porfiroblastos de moscovita, de hornfels alumino-silicatados, formação de turmalina, apatita e pirita (Fotomicrografia 1).

Os migmatitos têm estrutura estromatítica e, em um ou outro local, oftalmítica; raramente aparecem estruturas diadísitica, ptigmática e outras. O paleossoma na região de Embu-Juquitiba é em geral dominante em relação ao neossoma. Trata-se de micaxisto e em meio a ele aparecem leitões de quartzito, corpos de rochas calcosilicatadas e metabasitos. Tais rochas se compõem de minerais, dentre os quais os mais significativos são: 1) em metapelitos: quartzo, moscovita, biotita, granada, hornblenda e oligoclásio, 2) em metapsamitos: quartzo, oligoclásio, biotita, moscovita, 3) em metabasitos: hornblenda, andesina, quartzo, biotita. Essas associações são condizentes com a fácies anfíbolito.

Nas proximidades de intrusões granitóides das fases I₂ e I₃ observamos o desenvolvimento de turmalina, apatita e pirita. Também porfiroblastos de moscovita são comuns, notadamente nas vizinhanças daqueles corpos. O desenvolvimento desses porfiroblastos foi notado por Coutinho (1972), Hasui (1973) e Rideg (1974). Os cristais não mostram orientação preferencial, a não ser quando sofreram rotações posteriores.

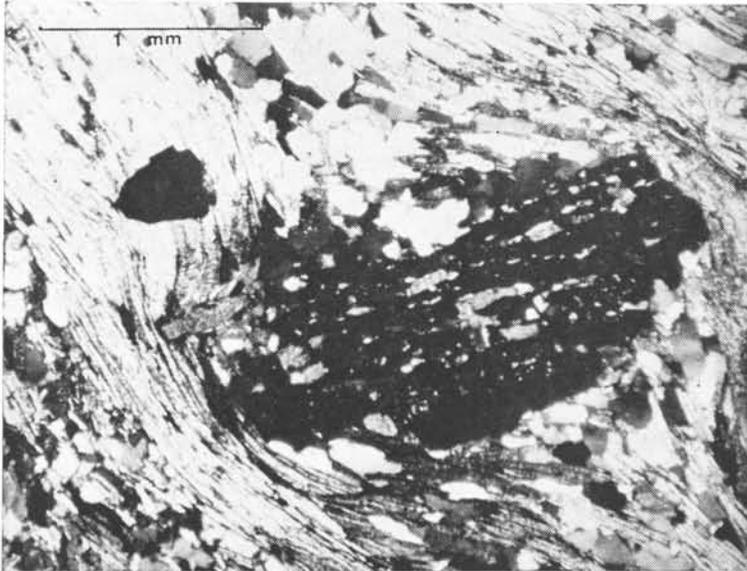
Também associações mineralógicas em equilíbrio, análogas às anteriormente mencionadas se fazem presentes e relacionáveis a processo retrometamórfico.

O metamorfismo cataclástico (M5) relacionado com os falhamentos transcorrentes é particularmente visível quando afetou rochas granitóides, como descreveu Hasui (1975). Quando rochas metapelíticas foram envolvidas, os indícios dos movimentos não é tão saliente; elas passam a filonitos e eventuais veios de quartzo. Leitões de quartzito ganham aspecto porcelânico, ou no mínimo, uma foliação anômala.

Em resumo, nos Conjuntos São Roque e Paranapiacaba podemos distinguir diversos eventos de metamorfismo, a saber:

- 1 – Metamorfismo regional M₁ em fácies xisto verde a anfíbolito. No paleossoma dos migmatitos é frequente observamos granadas, de crescimento posterior ao metamorfismo regional, mas ainda se fazem necessários estudos pormenorizados para caracterizar devidamente esse fenômeno (Fotomicrografia 2).
- 2 – metamorfismo de contato M₂ relacionado com os corpos granitóides da fase I₂.
- 3 – metamorfismo de contato M₃ devido às intrusões da fase I₃.
- 4 – metamorfismo retrógrado M₄. Seu posicionamento no tempo não está ainda precisamente definido; talvez se vincule ao reaquecimento durante o magmatismo I₃.
- 5 – metamorfismo cataclástico M₅, devido aos falhamentos transcorrentes.

Quanto ao processo de migmatização, deu-se ele durante ou logo após o metamorfismo



FOTOMICROGRAFIA 2 — Porfiroblasto de granada poiquiloblástica em micaxisto. O alinhamento das inclusões indica rotação posterior à formação do porfiroblasto. Note-se a seção basal da turmalina na parte esquerda. N+, 7 km a ENE de Pilar do Sul.

regional, dependendo o posicionamento no tempo do modelo genético que se adotou para se explicar a formação do neossoma. De qualquer forma, o neossoma se constitui ainda sob vigência de pressões dirigidas, já que as micas nele contidas apresentam-se iso-orientadas e paralelamente à xistosidade do paleossoma. As observações de campo mostram que as estruturas dos migmatitos na região de Embu-Juquitiba são simples, sem superposições, podendo ser pensadas em termos de uma fase geral de migmatização.

As datações geocronológicas disponíveis para os metamorfitos da região foram obtidas pelo método potássio-argônio (Cordani e Bittencourt, 1967; Hasui e Hama, 1972) e podem ser interpretadas em termos de vinculação com o Ciclo Brasileiro.

ANÁLISE DA DEFORMAÇÃO

Quatro megadobras podem ser reconhecidas de pronto na região: os sinclinórios de Pirapora, de Pilar, de Cipó e o anticlinório desventrado de Ibiúna.

Outras dobras maiores reconhecíveis são antifformas em cujos núcleos se introduziram corpos granitóides tardi-tectônicos. No Conjunto São Roque, o caráter anticlinorial é traduzido pela presença de faixas de rochas de metamorfismo regional de graus cada vez mais elevados à medida que se aproxima das intrusões. Tal se constata em relação aos maciços granitóides de São Francisco, Itaqui, Pirapora e Tico-Tico. No Conjunto Paranapiacaba as encaixantes são de fácies anfíbolito e esse tipo de relação não pode ser visto. Todavia, nota-se a existência de faixas alongadas de migmatitos ostalmíticos, que passam gradualmente para migmatitos estromatíticos; aqueles se constituíram em núcleos de estruturas antifformais. É o caso das antifformas de São Lourenço, Paiol, Juquitiba e Jacuba.

As dobras decamétricas a microscópicas são de ordem menor. Elas simplesmente complicam os flancos de estruturas maiores. As dobras visíveis, mesmo em camadas competentes são similares e têm aberturas de baixo ângulo, sendo qualificáveis às vezes como fechadas e isoclinais, mas via de regra são cerradas. A amplitude é bem maior que o comprimento de

onda, tendo-se então flancos extensos e zonas apicais restritas. Por isso, em afloramentos é normal vermos porções de flancos, com atitudes quase constantes e apenas raramente os ápices. As ondulações vistas são no geral ligeiramente assimétricas. Elas são cilíndricas, com flancos de mergulhos predominantemente subverticais. Os planos axiais têm também essa atitude, o que impede determinar-se com segurança o sentido de vergência.

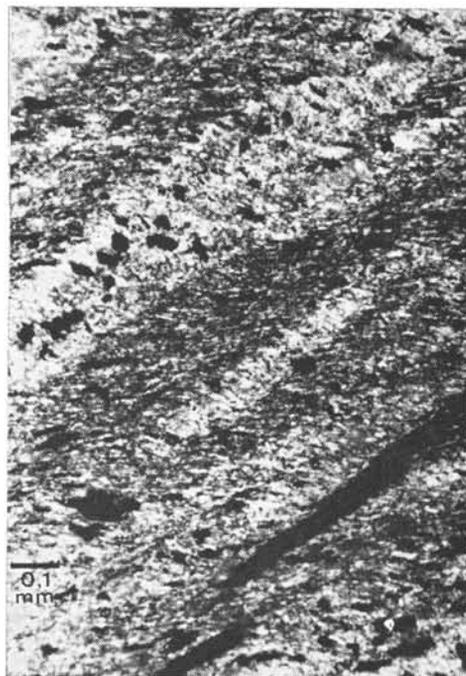
As dobras no Conjunto São Roque são desenhadas pela estratificação reliquiar e a xistosidade é do tipo plano-axial, notando-se até grandes ângulos de discordância nas zonas apicais. No Conjunto Paranapiacaba as dobras são desenhadas pela estratificação reliquiar, pela xistosidade e pelo bandamento dos migmatitos. Este fato constitui uma discrepância importante do Grupo São Roque para a sequência a sul do Falhamento de Taxaquara. Aqui, tanto o chamado Grupo Açungui como o dito Complexo Migmatítico mostram analogia a esse respeito. O Conjunto Paranapiacaba sofreu um dobramento anterior contemporaneamente ao metamorfismo regional e à migmatização. As dobras então geradas teriam sido isoclinais ou cerradas recumbentes; a xistosidade em seus flancos guardou paralelismo com a estratificação reliquiar. Nos ápices delas, porém deve haver discordâncias. Somente com estudos pormenorizados esses restritas zonas apicais poderão vir a ser caracterizadas. Ramsay (1967) chama atenção para o fato de que, se tratando de dobras de pequena abertura, tornar-se difícil detectar os ápices das dobras da primeira geração, quando o dobramento e o redobramento são coaxiais. É notável que não tenhamos até o presente observado nas camadas sinuosidades típicas de redobramentos cruzados ou oblíquos, o que faz pensar em uma primeira fase coaxial à segunda. Foi nesta segunda fase que o Conjunto Paranapiacaba ganhou as dobras visíveis, superimpostas àquelas anteriormente acima presumidas.

Desta maneira, consideramos uma fase F₁

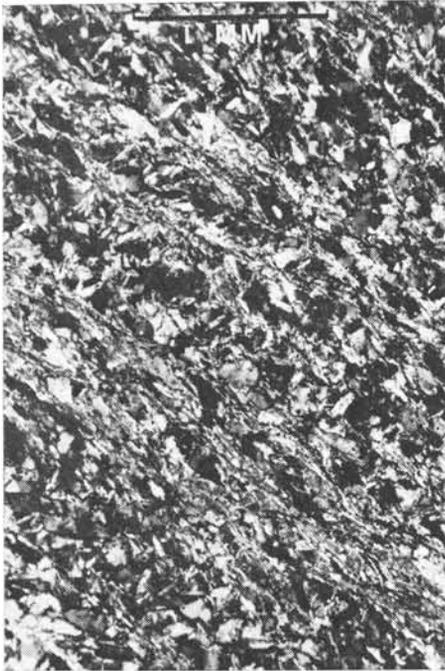
de dobramentos recumbentes ainda mal conhecida e uma fase F₂ de dobramentos com planos axiais subverticais. Esta última foi generalizada e a principal.

Novas ondulações métricas a microscópicas se superimpuseram às dobras descritas. Tratam-se de arqueamentos e crenulações, ligadas a fenômenos de cisalhamento simples, sem fraturas manifestas, ou então com planos patentes de cisalhamento. Essa deformação apresenta gradações para transposição de estruturas, chegando a culminar com o desenvolvimento de nova xistosidade discordante com a pré-existente (Fotomicrografias 3, 4 e 5).

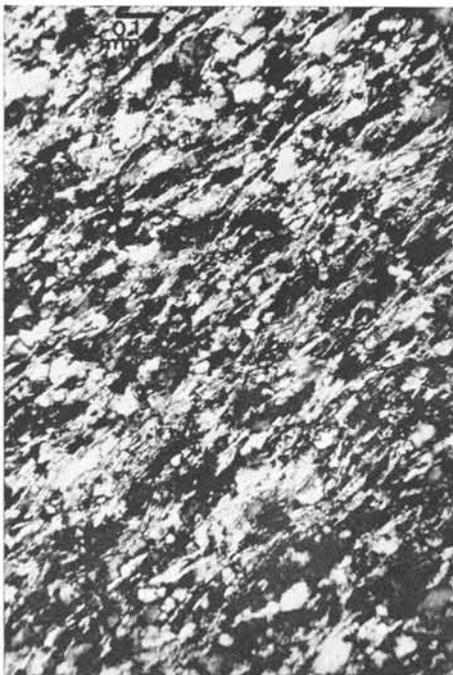
Os falhamentos transcorrentes criaram zonas de cataclase subverticais. As rochas aí mostram fissilidade notável e nas superfícies de disjunção notamos uma lineação bem desenvolvida constituída pela moínha de minerais cominuídos. Essa lineação é paralela à direção



FOTOMICROGRAFIA 3 — Filito crenulado incipientemente. Notam-se faixas e cristais de pirita cristalizada ao longo de planos de cisalhamento e da xistosidade. N+. 6 km a SE de Pilar do Sul.



FOTOMICROGRAFIA 4 – Filito com nova foliação gerada por transposição. N+. 15 km a SSE de São Miguel Arcanjo.



FOTOMICROGRAFIA 5 – Filito totalmente transposto. N+. 15 km a SSE de São Miguel Arcanjo.

de falhamento, mas tem inclinação de até 20° para o lado ocidental, indicando que além do rejeito horizontal houve também uma componente vertical de tal modo a elevar os blocos que se deslocaram para o lado oriental (Hasui, 1975).

Hasui e Sadowski (1975) mostraram que esses falhamentos se desenvolveram num intervalo entre o metamorfismo regional e as manifestações finais do Ciclo Brasileiro, truncando os granitos pós-tectônicos.

Outras estruturas disruptivas são representadas por falhas menores e por sistemas de juntas, de difícil posicionamento no tempo. No espaço, elas são generalizadas, segmentando as rochas metamórficas e granitóides, segundo quatro ou cinco sistemas (Hasui, 1975).

Em resumo, podemos dizer que a deformação se processou na região em pauta em diversos eventos:

- 1 – um provável dobramento recumbente exclusivo do Conjunto Paranapiacaba, a que designaremos F₁.
- 2 – um dobramento com planos axiais sub-verticais, em toda a região, a que denominaremos F₂. O mesmo estilo está presente nos Conjuntos São Roque e Paranapiacaba; neste último, esse dobramento teria se superimposto ao anterior coaxialmente.
- 3 – um processo de crenulação e transposição, que nomearemos F₃. Esse processo pode ter possibilitado a percolação de soluções responsáveis por M₄.
- 4 – um processo de lineagênese, criando os falhamentos transcorrentes, a que chamaremos F₄. Este processo se desenvolveu num amplo intervalo de tempo, mais manifestamente após o magmatismo pós-tect-

tônico.

CORRELAÇÃO DOS EVENTOS DE CRISTALIZAÇÃO E DEFORMAÇÃO

Com base em relações de campo e observações microtexturais, podemos correlacionar os eventos reconhecidos, de modo a seqüenciá-los no tempo e assim estabelecendo a evolução geológica da região, nos seus traços gerais e compatível com o nível de estudos até agora realizados.

Em seguida, resumimos as observações mais significativas.

O magmatismo I₁ se deu antes do metamorfismo regional, já que este processo afetou as rochas básicas impondo-lhe novas mineralogias e texturas.

O metamorfismo regional M₁ originou a xistosidade. No Conjunto São Roque a xistosidade é do tipo plano axial e certamente se desenvolveu sob as condições dinâmicas que ao mesmo tempo originaram as ondulações. Estas ondulações são cilíndricas, homoaxiais, de planos axiais subverticais, similares, de tipo cerrado (eventualmente aberto ou isoclinal), algo assimétricas. Este estilo de dobras se vê também no Conjunto Paranapiacaba, parecendo-nos lícito correlacioná-los e atribuí-los a um mesmo evento de deformação F₂.

No Conjunto Paranapiacaba, essas dobras visíveis em afloramentos são configuradas não só pela estratificação reliquiar, como pela xistosidade, que é paralela ao acamamento, e o bandamento dos migmatitos, o que nos leva a considerar uma fase F₁ de dobramento, de tipo recumbente, cerrado ou isoclinal. O metamorfismo regional M₁ ter-se-ia dado em conjunção com F₁. A migmatização m₁ processou-se sob vigência de regime dinâmico, pois as micas do neossoma se apresentam bem orientadas, e du-

rante ou logo após o metamorfismo M₁, originando migmatitos estromatíticos principalmente. O dobramento F₂ atingiu também os corpos de neossoma, vindo-se ocasionalmente estricções e mesmo boudinage nos flancos das dobras.

O magmatismo I₂ se processou durante F₂. Vários corpos granitóides se alojaram em núcleos de anticlinórios e ganharam foliação concordante com as direções regionais das estruturas. Em alguns locais, como nas bordas dos corpos de Itaquí, Cantareira e Itapeperica, as estruturas das encaixantes mostram orientações desviadas das regionais, sendo de se presumir que em parte as intrusões foram capazes de impor deflexões delas. Esse magmatismo foi tardi-tectônico no Conjunto São Roque e no Conjunto Paranapiacaba, sintectônico. Ele impôs às encaixantes efeitos de contato que designamos M₂.

Os metamorfitos por toda parte sofreram o processo de crenulação e transposição F₃, atestando já o advento de condições de rigidez nas rochas. F₃ sucedeu as intrusões I₂, porquanto os efeitos metassomáticos nas encaixantes não mostram controle como aqueles exibidos nas fotomicrografias 1 e 3.

O magmatismo pós-tectônico I₃ não é reconhecido no Conjunto São Roque, mas no Conjunto Paranapiacaba criou vários pequenos corpos. Efeitos de contato M₃ foram produzidos nas encaixantes e posteriormente à crenulação, como evidenciam as fotomicrografias 1 e 3.

O metamorfismo retrogrado M₄, como dissemos, é fenômeno de difícil datação relativa. É ele deduzido a partir de associações mineralógicas em desequilíbrio resultantes simplesmente da transformação de minerais anteriormente formados, por mudanças de condições físicas do meio. A deformação traduz modificação de condições físicas, passando os materiais de comportamento dúctil a exibirem comporta-

mento rígido; à fase de rigidez se relaciona o magmatismo pós-tectônico, introduzindo um reaquecimento regional. É provável que nesse momento se tenha processado M₄. Também é possível que as descontinuidades geradas por F₃ tenham possibilitado a percolação de soluções ao que se relacionaria M₄.

O metamorfismo cataclásico M₅ acompanhou o processo de lineagênese F₄ e, como dissemos, ambos os fenômenos se desenvolveram num amplo intervalo de tempo. Certamente não foram contínuos, mas evoluíram através de alívios episódicos de tensões.

Tais elementos nos permitem elaborar a Tabela 1, que em última análise resume a evolução geológica da região. As datações disponíveis permitem vincular esses eventos ao Ciclo Brasileiro e, então, a evolução foi polifásica e unicíclica.

De acordo com essas observações, o Grupo São Roque e o Grupo Açungui mostram evoluções estruturais diferentes, apesar das similaridades litológicas, geocronológica, metamórfica e magmática. Por outro lado, o Grupo Açungui e o Complexo Migmatítico da região de Embu-Juquitiba não se diferenciam a não ser quanto à migmatização. Somos levados a concluir que os magmatitos citados fazem parte da sequência Açungui e os migmatitos não devem ser separados em termos de embasamento pré-brasileiro. Esta conclusão vai de encontro às observações de Melfi et al. (1965) e Melcher et al. (1973), de existência de passagem gradual de ectinitos para migmatitos no Vale do Ribeira.

A falta de horizontes guia e a precariedade dos dados estruturais disponíveis não permitiram ainda subdividir o Grupo Açungui (sensu lato). Face a esse *status* de conhecimento e considerando a importância de se separar as zonas migmatizadas daquelas não migmatizadas, sugerimos considerar-se o Precambriano não em

termos de unidades estratigráficas, mas em termos de unidades litológicas. Assim, na região aqui focalizada, devemos distinguir um Complexo Ectinitico e um Complexo Migmatítico, aos quais denominamos respectivamente **Pilar** e **Embu**.

CONCLUSÕES

Do exposto, conclui-se que a evolução da região focalizada foi polifásica e unicíclica.

De início, reconhece-se uma fase de magmatismo I₁, pré-tectônica, representada por corpos metabasitos.

Uma fase de deformação F₁, provavelmente à época da inversão geossinclinal, produziu dobras recumbentes cerradas no Conjunto Paranapiacaba, contemporânea ao metamorfismo regional M₁ em fácies anfibolito a xisto verde. A migmatização do Complexo Embu foi simples e é se deu nessa ocasião, durante ou logo após o metamorfismo regional.

A segunda fase de deformação F₂ originou dobras cerradas, com planos axiais subverticais. Foi a fase principal de deformação, afetando os Grupos Açungui e São Roque. No Grupo São Roque essa foi a primeira deformação e se deu concomitantemente com o metamorfismo regional em fácies xisto verde a anfibolito. No Grupo Açungui, a fase F₂ ter-se-ia superimposto aos dobramentos F₁ coaxialmente. O magmatismo I₂ se deu em conjunção com F₂, originando rochas granitóides entre as quais o chamado *Granito Pirituba*; os corpos são tardi-tectônicos no Grupo São Roque e sintectônicos no Conjunto Paranapiacaba. Essas intrusões produziram efeitos de contato M₂.

Os últimos dobramentos, já em condições de rigidez, se processaram numa fase de deformação F₃ e são representadas por ondulações, crenulações e transposições.

Intrusões pós-tectônicas I₃ sobrevieram em seguida, impondo transformações de contato M₃.

O metamorfismo retrogrado M₄ parece ser vinculável ao estágio de ascensão orogênica e ao reaquecimento devido a I₃; ele afetou generalizadamente as litologias de fácies anfíbolito. Não é possível excluir a possibilidade de ação de soluções já durante F₃.

Por fim, na história da área reconhece-se a fase F₄ de deformação, manifestada através de enormes falhamentos transcorrentes. As ro-

chas afetadas sofreram intenso metamorfismo cataclásico M₅.

Todos esses eventos se processaram durante o Ciclo Brasileiro.

Em função das histórias evolutivas, o Grupo São Roque é unidade que não pode ser considerada simples prolongamento do Grupo Açungui. Também, o Grupo Açungui inclui os migmatitos da região de Embu-Juquitiba e, em vez de abordagens estratigráficas, preferimos de momento considerar um Complexo Extintítico Pilar e um Complexo Migmatítico Embu.

BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, F.F.M. de — 1967 — Origem e evolução da Plataforma Brasileira. Bol. 241, Div. Geol. Min. Dep. Nac. Prod. Min., Rio de Janeiro.
- CORDANI, U.G. — BITTENCOURT, I. — 1967 — Determinações de idades potássio-argônio do Grupo Açungui. An. XXI Congr. Bras. Geol., p. 218–233, Curitiba.
- CORDANI, U.G. — KAWASHITA, K. — 1971 — Estudo geocronológico pelo método Rb Sr de rochas graníticas intrusivas no Grupo Açungui. An. XXV Congr. Bras. Geol. 1:105–110, São Paulo.
- COUTINHO, J.M.V. — 1972 — Petrologia do Precambriano em São Paulo e arredores. Bol. IGA 3:5–99, Inst. Geoc. Univ. São Paulo.
- HASUI, Y. — 1975 — Geologia da Folha de São Roque. Bol. IG, Inst. Geoc. Univ. S.Paulo. A publicar.
- HASUI, Y. — COIMBRA, A.M. — 1975 — Geologia da Folha de Pilar do Sul. Bol. IG., Inst. Geoc. Univ. S.Paulo. A publicar.
- HASUI, Y. — HAMA, M. — 1972 — Geocronologia do Grupo São Roque pelo método potássio-argônio. Rev. Bras. Geoc. 2:18–24, São Paulo.
- HASUI, Y. — PENALVA, F. — HENNIES, W.T. — 1969 — Geologia do Grupo São Roque. An. XXIII Congr. Bras. Geol. p. 101–134, Salvador.
- HASUI, Y. — SADOWSKI, G.R. — 1975 — Evolução Geológica do Precambriano na região de São Paulo. Rev. Bras. Geoc. A publicar.
- HASUI, Y. — SADOWSKI, G.R. — FUCK, G.F. — CARNEIRO, C.D.R. — OBATA, O.R. — 1975 — Geologia das Folhas de Embu e Itapeçerica da Serra. Inédito.
- HENNIES, W.T. — HASUI, Y. — PENALVA, F. — 1967 — O falhamento transcorrente de

- Taxaquara. An XXI Congr. Bras. Geol.
p. 159–168, Curitiba.
- MELCHER, G.C. – GOMES, C.B. – CORDANI,
U.G. – BETTENCOURT, J.S. – DAMAS-
CENO, E.C. – GIRARDI, V.A.V. – MELFI,
A.J. – 1973 – Geologia e Petrologia
das rochas metamórficas e graníticas as-
sociada do Vale do Rio Ribeira de Iguape,
SP e PR. Rev. Bras. Geoc. 3(2):97–123,
São Paulo.
- MELFI, A.J. – BITTENCOURT, I. – CORDA-
NI, U.G. – 1965 – Reconhecimento foto-
geológico de parte do Grupo Açungui.
Bragantina 24:447–474, Campinas.
- RAMSAY, J.G. – 1967 – Folding and frac-
turing of rocks. McGraw-Hill Book Co.
- RIDEG, P. – 1974 – Geology and structure
of a portion of the Serra do Mar in
Eastern São Paulo, Brazil. Tese inédita.