VARIAÇÃO MINERALÓGICA E POSSÍVEL GÊNESE DOS GNAISSES DO COMPLEXO SILVIANÓPOLIS, NORTE DE POUSO ALEGRE, (MG)

ROGÉRIO DE ARRUDA PENTEADO * e ASIT CHOUDHURI *

ABSTRACT Modal analyses of migmatites and gneisses of the Silvianópolis Complex reveal consistent variations in mineralogy with respect to quartz and feldspars and the location of these rocks in the field. These variations in conjunction with petrographic observations are taken to indicate the formation of the rocks by restricted anatexis of pre-existing basement gneisses.

INTRODUÇÃO Os Departamentos de Mineralogia e Recursos Minerais e Geologia Geral e Aplicada da UNESP, *campus* de Rio Claro, realizaram no ano de 1977 trabalhos de campo e mapeamento geológico, em convênio com o DNPM, na escala 1:50 000 na região de Pouso Alegre. O trabalho baseou-se em interpretações fotogeológicas, levantamento de campo das unidades litológicas, bem como coleta de dados estruturais e estudos petrográficos (Projeto Pouso Alegre, 1977). Os estudos revelaram a necessidade de caracterizar melhor certas unidades de rocha que ocorrem na área.

Com esse fim, é propósito deste trabalho estudar os migmatitos e diferentes tipos de gnaisses do Complexo de Silvianópolis na tentativa de melhor estabelecer as relações estratigráficas deste complexo com as rochas dos Grupos Amparo e Pinhal, e o embasamento.

LOCALIZAÇÃO A área em estudo situa-se ao sul de Minas Gerais e compreende as folhas topográficas do IBGE na escala 1:50 000, de Poço Fundo e Pouso Alegre, delimitados pelos paralelos 21°45' e 22°15' de latitude sul e meridianos 45°45' e 46°00' de longitude oeste (Fig. 1).

Figura 1 — Mapa geológico esquematizado com porcentagem relativa de quartzo e feldspato nos gnaisses. Baseado no Projeto Pouso Alegre (1977) dos departamentos de Geologia Geral e Aplicada, e Mineralogia e Recursos Minerais da UNESP — Rio Claro, em convênio com o DNPM, Rio Claro, SP

* Departamento de Mineralogia e Recursos Minerais, IGCE, UNESP, CEP 13500, Rio Claro, SP

O Complexo de Silvianópolis situa-se na porção central e leste dessas folhas, estendendo-se entre os paralelos de 21°46' e 22°15'. As principais cidades dentro desse complexo são Turvolândia e Silvianópolis.

GEOLOGIA REGIONAL A área em estudo situa-se na região sul do Craton do São Francisco que, de acordo com Hasui *et al.* (1977), Fiori *et al.* (1978) e outros, evidencia uma evolução policíclica, sendo a unidade mais antiga na área de estudo relacionada ao Arqueano, pelos segundos autores. Fiori e Choudhuri (1979) distinguiram evidências de pelo menos três fases de dobramentos e três de migmatização para as rochas da área de Machado e Serrania.

Na área pesquisada ocorrem principalmente correspondentes de rochas dos Maciço Pinhal, Grupo Amparo e do Complexo de Silvianópolis, que serão descritas resumidamente a seguir.

O Maciço Pinhal, situado na parte oeste da área, é constituído por migmatitos e granitos de Idade Brasileira, resultando aparentemente da profusa intrusão de material granítico em rochas do Grupo Amparo (Wernick, *et al.*, 1976).

As rochas do Grupo Amparo de Idade Transamazônica são gnaisses e anatexitos, e entre estes ocorrem gnaisses graníticos e intercalações mais ou menos possantes e frequentes de quartzitos, gonditos, anfibolitos, rochas calcossilicatadas, mármore dolomíticos, granulitos, charnockitos, metapelitos, gnaisses e rochas ultrabásicas. Descrições mais ou menos pormenorizadas dessas litologias foram oferecidas por Wernick (1967).

Ao Complexo de Silvianópolis relacionam-se diversos tipos litológicos que foram afetados e transforma-

dos por uma intensa foliação de transposição superimposta a um bandejamento preexistente originado por processos de segregação metamórfica. As relações estratigráficas deste Complexo não estão ainda bem definidas, podendo representar porções do embasamento, soerguidas até o nível ou porções de rochas do Grupo Amparo afetadas mais intensamente pela anatexia em níveis profundos e atualmente expostos.

As rochas do Complexo de Silvianópolis são: migmatitos e gnaisses com restos de gnaisses fitados e bandeados do Grupo Amparo; e concentrações locais de corpos de gnaisses graníticos, anfibolitos e granulitos.

LITOLOGIA DO COMPLEXO SILVIANÓPOLIS

As rochas na área central do mapa (Fig. 1) podem ser subdivididas e classificadas com base na porcentagem e nas características dos minerais constituintes em: gnaisses graníticos, gnaisses trondhjemiticos, anfibolitos e biotita gnaisses. Esses diferentes tipos de gnaisses ocorrem ora formando corpos isolados dentro do Complexo de Silvianópolis entre migmatitos e gnaisses com restos de gnaisses fitados e bandeados do Grupo Amparo, ora formando corpos isolados fora do Complexo referido acima entre gnaisses fitados e bandeados do Grupo Amparo. Os tipos mais frequentes foram estudados petrograficamente, cujas composições a respeito das porcentagens de quartzo e feldspato são lançadas no diagrama de Streckeisen (1967; Fig. 2), e são descritos a seguir. Segundo essa classificação, existem no Complexo de Silvianópolis quatro categorias de gnaisses: graníticos, granodioríticos, tonalíticos e trondhjemiticos.

Figura 2 — Diagrama Qz-Kfd-Pl de Streckeisen (1967) para rochas do Complexo Silvianópolis

GNAISSES GRANÍTICOS Localizam-se a oeste e ao norte de Turvolândia, dentro do Complexo de Silvianópolis. Caracterizam-se, geralmente, por sua textura granoblástica, porfiroblástica, estando algumas vezes catacladas e com porfiroblastos de microclina pertítica e microclina não-pertítica que aparece como neoformada na matriz, sugerindo assim que esses corpos se formaram por anatexia dos gnaisses que geraram essas microclinas. A matriz geralmente está recrystalizada e, em algumas lâminas, os grãos acham-se estirados.

A composição desses gnaisses varia de granítica a granodiorítica e são compostos principalmente por quartzo, plagioclásio (oligoclásio) e microclina, sendo que algumas vezes há predominância de quartzo e outras vezes os três ocorrem em quantidades proporcionais. Os minerais máficos que ocorrem são a biotita e a hornblenda, sendo a primeira mais abundante. Os acessórios comuns são a granada, o epidoto, a alanita, a titanita, o zircão e os opacos. A alanita apresenta grandes cristais na porção norte do corpo a oeste de Turvolândia. A hornblenda, algumas vezes, apresenta-se com as bordas actinolíticas de coloração azulada, que pode indicar um fenômeno de metamorfismo retrógrado. A biotita geralmente ocorre dispersa na lâmina sem orientação paralela e é de origem posterior à hornblenda.

GNAISSES-TRONDHJEMÍTICOS Esses gnaisses localizam-se a nordeste de Pouso Alegre (não incluído no mapa) e caracterizam-se por sua textura granoblástica inequigranular ou inequigranular xenoblástica, com a matriz recrystalizada e, às vezes, os grãos acham-se estirados.

A composição desses gnaisses é quartzo-diorítica e são compostos principalmente por quartzo e plagioclásio (oligoclásio), com predominância deste último. O mineral máfico que ocorre é a biotita, a qual não forma agregados, mas distribui-se paralelamente. Os acessórios que ocorrem são a granada, o zircão, o epidoto, a alanita, a titanita, a apatita, os opacos, a clorita e a muscovita, sendo os dois últimos de origem secundária.

BIOTITA-GNAISSES Ocorrem em corpos isolados fora do Complexo de Silvianópolis, a sudeste de Poço Fundo e a sudoeste de Turvolândia. O corpo situado a sudeste de Poço Fundo caracteriza-se por apresentar textura granoblástica inequigranular e a matriz recrystalizada. Nota-se neste corpo que, de norte para sul, ocorre um empobrecimento em microclina concomitante a um aumento nas porcentagens de quartzo e plagioclásio, e observa-se também uma pior orientação dos minerais máficos.

Em algumas lâminas, distinguem-se certas porções ricas em feldspato, quartzo e biotita. A composição desses gnaisses varia de granítica a granodiorítica e os minerais predominantes são o plagioclásio, o quartzo e a microclina. O mineral máfico que ocorre é a biotita e os acessórios mais comuns são o epidoto, que é relativamente abundante, o zircão, a apatita, os opacos, a alanita, a clorita e a muscovita, sendo os dois últimos de origem secundária e podem indicar retrometamorfismo.

O corpo a sudoeste de Turvolândia caracteriza-se por apresentar textura granoblástica inequigranular e matriz recrystalizada. Estes gnaisses têm composição granodiorítica, sendo o plagioclásio (oligoclásio) e quartzo os minerais mais abundantes na lâmina. A microclina não é abundante, mas certas vezes ocorre em grandes cristais. Os máficos que ocorrem são: a biotita, que aparece substituindo a hornblenda e acha-se razoavelmente orientada, e a hornblenda, que se apresenta com as bordas actinolíticas de coloração azulada. Distingue-se na lâmina uma faixa composta predominante por hornblenda, plagioclásio (oligoclásio) e granada, e outra composta essencialmente por biotita, granada, quartzo e plagioclásio. Os minerais acessórios são: a granada, que ocorre em aglomerados, a apatita, a titanita, a alanita, o zircão e os opacos.

Mais ao sul neste corpo observa-se que a porcentagem de hornblenda aumenta e esses corpos gradam para biotita-hornblenda — gnaisses de composição, quartzo-diorítica. Estes caracterizam-se por apresentar porfiroblastos de microclina com matriz rica em quartzo e plagioclásio. A hornblenda e a granada ocorrem em agregados e apresentam orientação.

HORNBLENDA-BIOTITA-GNAISSES Ocorrem dentro do Complexo de Silvianópolis, ao norte de Turvolândia. Caracterizam-se por apresentar textura inequigranular com grãos de plagioclásio (oligoclásio), microclina e quartzo estirado, atingindo até 4 mm, e a matriz está recrystalizada. Distingue-se na lâmina uma porção rica em quartzo, biotita, hornblenda e feldspato, e porções mais novas compostas essencialmente por feldspatos. Estes gnaisses apresentam composição granítica e os minerais predominantes são: o quartzo, que é o mais abundante, o plagioclásio (oligoclásio) e a microclina. Semelhante ao caso descrito acima ocorrem duas gerações de microclina, uma pertítica e outra obviamente neoformada. O máfico predominante é a biotita, que se apresenta recrystalizada e aparenta ser posterior à hornblenda. A biotita e a granada apresentam-se associadas sob a forma de aglomerados em faixas paralelas e alternadas com faixas ricas em hornblenda e granada. Os acessórios mais comuns são: a alanita, a apatita, a granada, a titanita, apresentando geminação múltipla, o zircão e os opacos.

ANFIBOLITOS Ocorrem associados a gnaisses graníticos dentro do Complexo de Silvianópolis e a oeste de Turvolândia ou em corpos isolados fora do complexo e associados a biotita gnaisses de composição variada no Maciço Pinhal. Os corpos que ocorrem junto aos gnaisses graníticos são de dois tipos: o primeiro deles, mais ao sul do corpo, apresenta textura inequigranular poiquiloblástica com pouca orientação, sendo pobres em biotita e relativamente abundantes em plagioclásio (oligoclásio cálcico-An. 30%-33%) e quartzo. O outro tipo, mais ao norte, caracteriza-se por apresentar textura inequigranular, estando a matriz recrystalizada, boa orientação, são ricas em biotita, pobres em quartzo e sem feldspato. Para as duas ocorrências, a hornblenda apresenta-se com as bordas actinolíticas de coloração azulada. A biotita é secundária e substitui a

hornblenda ao sul neste corpo, e mais ao norte ocorrem duas gerações de biotita, uma substituindo a hornblenda e outra que se formou antes ou ao mesmo tempo desta. Os minerais acessórios principais são: a granada, que ocorre só mais ao sul, a alanita, a apatita, a titanita, o zircão e os opacos. Estes corpos anfibolíticos parecem formar paleossoma nos gnaisses graníticos.

Os corpos isolados associados a biotita gnaisses apresentam textura inequigranular e são de composição diorítica. Os minerais essenciais são o plagioclásio (andesina) e a hornblenda com formas mais ou menos relictos do piroxênio (pseudomorfos). A biotita ocorre substituindo a hornblenda e alguns grãos apresentam-se deformados. Os acessórios mais comuns são o quartzo e os opacos. Pela ocorrência, esses anfibolitos parecem formar paleossoma no migmatito.

CONSIDERAÇÕES GERAIS Pela análise microscópica das amostras, observaram-se as distintas parageneses estáveis ocorrentes:

1. Quartzo-oligoclásio-microclina-hornblenda-granada
2. Quartzo-oligoclásio-biotita-granada
3. Microclina-oligoclásio-biotita-granada
4. Quartzo-microclina-oligoclásio-biotita-granada
5. Oligoclásio-microclina-hornblenda-granada

Utilizando-se as porcentagens e as associações dos minerais constituintes (Tab. 1), juntamente com a aplicação

de sistemas graníticos tratados por Winkler (1977), e considerando a quantidade restrita de porção fundida representada por maiores concentrações de quartzo e feldspatos, sugere-se que esses corpos gnaissicos têm sofrido anatexia restrito por causa da baixa pressão de água e portanto insuficiente água para formar quantidades consideráveis de massa fundida (Tuttle e Bowen, 1958; e Wyllie, 1977). Se esses corpos foram gerados da maneira exposta, as partes não-fundidas representam porções do embasamento mais antigo na área que teria sofrido fusão parcial e concentração local de composições graníticas, granodioríticas e dioríticas no Ciclo Transamazônico.

Nota-se, em relação à porcentagem de microclina presente nos gnaisses graníticos, que esta aumenta a partir dos corpos situados a norte e a sudoeste de Turvolândia em direção ao corpo a oeste da mesma localidade (Fig. 1). Essa evidência poderia indicar um acréscimo de temperatura na citada direção ou uma variação composicional local das rochas (devido a uma segregação pelo processo acima referido) que deram origem a esses gnaisses.

A primeira alternativa pode ser explicada pelo aumento do componente anortita na citada direção (observável nas lâminas delgadas) que, de acordo com Winkler (1977), necessita maiores temperaturas para se formar. Essas variações de temperatura poderiam estar relacionadas a desníveis topográficos do antigo embasamento que deu origem a este complexo.

Tabela 1 — Porcentagens dos minerais constituintes (Leste da Falha de Espírito Santo do Dourado)

Minerais Amstras	Quartzo	Microclina	Plagioclásio	Biotita	Hornblenda	Granada	Epídoto	Alanita	Apatita	Titanita	Zircão	Opacos
A-92	31,8	12,7	7,0	25,1	13,0	4,4	—	1,2	0,5	3,7	0,4	0,2
B-97a	40,5	10,7	40,9	7,6	—	—	0,2	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
B-97b	56,1	17,8	19,1	4,9	0,2	0,0	1,0	0,1	—	0,7	0,1	—
B-91	27,2	27,8	30,3	6,5	0,0	0,0	3,6	4,0	0,0	0,0	0,1	0,5
B-171	59,9	20,5	18,0	1,6	0,2	0,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
C-138	2,7	—	—	48,5	45,3	—	—	—	0,3	2,6	0,4	1,5
C-60	22,1	46,7	30,8	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	—
C-134	31,5	19,0	32,0	8,8	0,5	8,3	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,1
C-59b	14,0	—	28,7	7,9	48,5	0,4	—	0,0	0,1	0,3	—	0,1
D-39	37,5	8,8	32,8	13,4	4,0	2,4	—	0,1	0,2	0,6	0,1	0,1
D-36	33,5	0,6	33,7	13,6	14,3	2,9	—	0,4	0,7	—	0,0	0,7

Leste da Falha de Espírito Santo do Dourado

Minerais Amstras	Quartzo	Microclina	Plagioclásio	Biotita	Hornblenda	Granada	Epídoto	Alanita	Apatita	Titanita	Zircão	Opacos	Muscovita	Clorita
H-87	40,6	1,6	47,8	7,7	—	0,9	0,7	0,1	0,1	0,0	0,0	0,2	—	0,3
H-88	35,9	5,4	51,5	4,8	—	0,2	0,1	—	—	—	0,0	0,0	2,1	0,0

Oeste da Falha de Espírito Santo do Dourado

Minerais Amstras	Quartzo	Microclina	Plagioclásio	Biotita	Hornblenda	Granada	Epídoto	Alanita	Apatita	Titanita	Zircão	Opacos	Muscovita	Clorita
A-151	15,2	23,6	42,1	10,4	—	0,1	6,2	—	0,2	—	0,4	2,0	0,0	0,0
B-163	25,0	16,2	40,2	10,0	—	2,4	5,2	0,2	0,2	—	0,0	0,6	10,4	—
C-11	0,4	—	14,8	1,5	81,7	—	—	—	0,0	—	—	1,6	—	—

CONCLUSÕES A hipótese aqui sugerida é que as rochas que deram origem ao Complexo de Silvianópolis, na porção oeste, atingiam maiores profundidades e, portanto, sofreram anatexia com concentração local de porções graníticas, granodioríticas, dioríticas e, nas porções central e leste, não teria havido condições suficientes de pressão e temperatura para formar massa fundida anatética.

Após este evento metamórfico, houve sedimentação de tipos variados por toda a região a leste da folha de São João da Mata (Fig. 1) sobre as rochas do Complexo de Silvianópolis, que foram afetadas por outro ciclo metamórfico de idade Transamazônica que deu origem aos gnaisses fitados-bandeados do Grupo Amparo. Esses

gnaisse fitados-bandeados ocorrem em afloramentos esparsos capeando rochas do Complexo de Silvianópolis e estão sempre em contato brusco com essas rochas, porém o contato não é por falhamento, e estão dispostos sobre gnaisses trondhjemiticos que necessitam de altas temperaturas para se fundir. O metamorfismo do Ciclo Transamazônico que deu origem a essas rochas poderia ser responsável pelo retrometamorfismo que afetou as rochas da área.

Agradecimento: Agradecemos o auxílio da FAPESP, que concedeu uma bolsa para o Autor Senior para a realização deste trabalho.

BIBLIOGRAFIA

- BETTENCOURT, J.S. (Coordenador) — 1977 — Projeto Pouso Alegre, Relatório Final, Conv. DNPM/FFCL Rio Claro.
- FIORI, A.P., WERNICK, E. e BETTENCOURT, J.S. — 1978 — Evolução policíclica na Região Nordeste do Estado de São Paulo e Áreas Vizinhas do Estado de Minas Gerais. *Anais do XXX Congr. Bras. Geol.* 1:309-320, Recife.
- FIORI, A.P. e CHOUDHURI, A. — 1979 — Fases de Migmatização e Dobramentos Superpostos nas Rochas Granulíticas e nos Migmatitos de Serrania e Machado (MG). *Simpósio de Geologia Regional*. 1:47-57, Rio Claro.
- HASUI, Y., SADOWSKI, G.R. e CARNEIRO, C. DAL RÉ — 1977 — A Zona Marginal Sul do Craton de São Francisco. *Anais da Reunião Preparatória para o Simpósio sobre o Craton do São Francisco e suas Faixas Marginais*. *Bol. Esp.* 3:205-213, Soc. Bras. Geol., Salvador.
- STRECKEISEN, A. — 1967 — Classification and nomenclature of igneous rocks. *Neues-Jahrb. Mineral. Abh.* 107:144-240.

- TUTTLE, O.F. e BOWEN, N.L. — 1958 — Origin of granite in the light of experimental studies in the system $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8\text{-KAlSi}_3\text{O}_8\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$. *Geol. Soc. Am. Memoir* n° 74.
- WERNICK, E. — 1967 — A Geologia da Região de Amparo (Leste do Estado de São Paulo). UNESP, Rio Claro. Tese, 235 pp.
- WERNICK, E., OLIVEIRA, M.A.F., KAWASHITA, K., CORDANI, U.G. e DELHAL, J. — 1976 — Estudo Geocronológico pelo Método Rb/Sr em Rochas do Bloco Jundiaí e Regiões Adjacentes. *Rev. Bras. Geoc.* 6(1):125-135.
- WINKLER, H.G.F. — 1977 — Petrogênese das Rochas Metamórficas. Coedição URGs-Ed. Edgard Blücher.
- WYLLIE, P.J. — 1977 — Crustal Anatexis: An Experimental Review. *Tectonophysics* 43:41-71.

Recebido em 15 de Outubro de 1980.