

LITOGEOQUÍMICA DO LEUCOGRANITO CAPIVARA,
ITAMONTE (MG)

M.E. Almeida

UFRJ, Dep. de Geologia, Programa de Pesquisa e Pós-Graduação, Rio de Janeiro, RJ
CPRM, Serviço Geológico do Brasil, Superintendência Regional de Manaus, AM

ABSTRACT

In the studied area, located at east of Itamonte city (Minas Gerais state, Brasil), outcrops a migmatitic sequence composed by migmatitic biotite gneiss and migmatitic leucogneiss with centimetric to decametric intercalations of biotite-plagioclase gneiss, muscovite-quartz schist, amphibolite, garnet amphibolite, and, secondarily, calc-silicate rocks. Pods of mobilized leucogranitic concordant with principal tectonic foliation demonstrated by migmatite layering are also occurring. This sequence is interpreted as the correspondent of high amphibolite facies (anatexis), metamorphism over the metasediments of Andrelândia Depositional Cycle I (ADC I) from Paciullo et al. (1993). This migmatitic sequence occurs associated with Capivara leucogranite (Almeida & Junho, 1994). In the geologic setting, outcrops the leucogranite covering an area of 55 km², presenting lenticular form, NE-SW direction and showing intrusive and concordant (gradative) contacts with host migmatites. The field, petrographic and petrochemistry studies demonstrate the existence of three distinct facies, denominated Ribeirão da Prata, Dois Irmãos e Monte Belo. South-eastward, the Capivara leucogranite is bordered by biotite granite porphyry, denominated Maromba (Almeida & Junho, op.cit.), intensively deformed, with abundant porphirites and a biotite-bearing matrix. The Capivara leucogranite, as shown by the discriminant geochemistry diagrams, is genetically associated with crustal melting under PT conditions characteristic of continental collision setting (S-type Chappell & White, 1992; group II Harris et al., 1986; syn-collisional Pearce et al., 1984, and Batchelor & Bowden, 1985). This conclusion is also sustained by field and petrographic relations, where the amount of melt increases, according to the sequence: migmatitic biotite gneiss (metatexite) → migmatitic leucogneiss (heterogeneous diatexite) → Ribeirão da Prata facies (migmatitic granite or homogeneous diatexite) → Dois Irmãos facies (Muscovite-biotite leucogranite) → Monte Belo facies (Biotite-muscovite leucogranite). Amphibolites and quartz-muscovite schists represent portions preserved by this anatexis process (resisters).

RESUMO

Na área em estudo, localizada à leste da cidade de Itamonte (MG), ocorre uma seqüência migmatítica composta por biotita gnaisse e leucognaisse migmatíticos com intercalações centimétricas a decimétricas de biotita-plagioclásio gnaises, muscovita-quartzo xisto, anfibolitos, granada anfibolitos, e mais raramente, rochas calcissilicáticas. É comum, também, a ocorrência de bolsões e mobilizados leucograníticos, concordantes com a foliação tectônica principal (Sn) apresentada pelos migmatitos. Este conjunto é, aqui, interpretado como representante metamorfoseado, em fácies anfibolito alto (anatéxis), dos metassedimentos da base do Ciclo Depositional Andrelândia I de Paciullo et al. (1993). Estes gnaises migmatíticos ocorrem associados ao leucogranito Capivara (Almeida & Junho, 1994). O plúton leucogranítico apresenta cerca de 55 km² de área, forma lenticular, com direção NE-SW, possuindo contatos intrusivos e concordantes (gradativos) com esta seqüência migmatítica. O estudo de campo, petrográfico e químico, demonstrou a existência de três fácies distintas neste corpo, denominadas de Ribeirão da Prata, Dois Irmãos e Monte Belo. A sudeste, o Leucogranito Capivara é bordejado por biotita granito porfirítico (Granito Maromba de Almeida & Junho, op.cit.), que se apresenta bastante deformado, com caráter porfirítico conspícuo e matriz enriquecida em biotita. Os diagramas geoquímicos discriminantes têm apontado, para o Leucogranito Capivara, gênese envolvendo fusão crustal em condições PT similares às observadas em ambientes de colisão continental (Tipo S de Chappell & White, 1992; sincolisionais do grupo II de Harris et al., 1986; sincolisionais de Pearce et al., 1984, e Batchelor & Bowden, 1985). A origem desta associação anatético-migmatítica está relacionada à fusão parcial do CDA I, onde anfibolitos e muscovita-quartzo xistos representam porções preservadas deste processo (resistatos). Constata-se uma gradação contínua, envolvendo transformações texturais e composicionais, a partir dos gnaises migmatíticos em direção ao leucogranito Capivara, representando estágios distintos de um processo anatético.

INTRODUÇÃO

No Sudoeste do estado de Minas Gerais, foram identificadas diversas evidências de migmatização, mediante fusão parcial (anatéxis), da seqüência metassedimentar relacionada ao Ciclo Depositional Andrelândia I (CDA I) de Paciullo et al. (1993). A migmatização desta seqüência metassedimentar deu-se em condições PT correspondentes à fácies anfibolito superior, gerando gnaisses migmatíticos e corpos leucograníticos como produto final (Trouw et al., 1984; Junho et al., 1989 e Junho, 1993). Estes granitóides anatéticos, derivados do CDA, apresentaram ampla dispersão isotópica, resultando em idades isocrônicas entre 550 ± 250 Ma e 625 ± 180 Ma (Trouw & Pankhurst, 1993).

O presente trabalho expõe os resultados geoquímicos relativos a um desses corpos leucograníticos, denominado granito Capivara (Pereira et al., 1992) ou, ainda, Leucogranito Capivara (Almeida & Junho, 1994), e suas respectivas rochas encaixantes migmatíticas. A área em discussão totaliza cerca de 200 km² e dista 35 km da cidade de Itamonte, sul de Minas Gerais. Os litotipos estudados encontram-se representados em mapa geológico (escala 1:25.000), tendo suas relações de campo, petrográficas e geoquímicas, constituído objeto da dissertação de mestrado do autor, desenvolvida no Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

ASPECTOS GEOLÓGICOS LOCAIS

Durante a etapa de

mapeamento, utilizou-se o método informal de subdivisão de unidades litológicas, baseado no predomínio espacial de litotipos afins. Isto permitiu a individualização de cinco unidades principais, representadas pelas unidades Biotita Gnaiss Migmatítico (Metate-xítica), Leucognaisse Migmatítico (Diatexítica), Muscovita-quartzo Xisto, Leucogranito Capivara (contendo granitóides com muscovita e biotita) e Granito Maromba (biotita granitóides porfiríticos). No leucogranito Capivara, foi possível identificar três fácies distintas, denominadas Monte Belo (biotita-muscovita leucogranitos), Dois Irmãos (muscovita-biotita leucogranitos) e Ribeirão da Prata (granito migmatítico), que correspondem, respectivamente, as fácies tipo 1, tipo 2 e diatexítica homogênea de Almeida & Junho (1994).

O biotita gnaiss migmatítico apresenta-se oftálmico a estromático e com volume moderado de leucossoma (<40%), preservando, em parte, as características anteriores à migmatização sob condições de baixo grau de fusão parcial (metatexia). Gerado sob condições de fusão parcial um pouco

mais avançada, o leucognaisse migmatítico é caracterizado por amplos leucossomas (>40%), mesossoma parcial ou totalmente destruído, sendo comum estruturas estromáticas e *schlieren* (Tabela 1). Bolsões e mobilizados (leuco)graníticos com granada, produzidos *in situ*, tornam-se mais freqüentes na unidade leucognaisse migmatítica. São observadas, localmente, nesta associação migmatítica, lentes de anfibolitos e granada anfibolitos centimétricas (raramente métricas) e de muscovita-quartzo xisto métricas.

O leucogranito Capivara ocorre com cerca de 55 km², forma lenticular e direção NE-SW, apresentando contatos ora intrusivos, ora concordantes (gradativos) com a seqüência migmatítica. Possui composição monzogranítica dominante (Streckeisen, 1976), textura equigranular a levemente porfirítica, contornos subeuédricos a anédricos e associação mineral composta por quartzo, microclinio (micropertítica), plagioclásio (albita-oligoclásio), muscovita, biotita, turmalina schorl, granada almandina, e menores quantidades de zircão, apatita, monazita e minerais opacos. Apresenta, também, inúmeros "enclaves"

Tabela 1 - Características distintivas gerais dos gnaisses migmatíticos associados ao Leucogranito Capivara, utilizando principalmente critérios texturais (baseada em Ashworth, 1985; Brown, 1979).

	Biotita-gnaiss migmatítico (Metatexito)	Leucognaisse migmatítico (Diatexito Heterogêneo)	Fácies Ribeirão da Prata (Diatexito Homogêneo)
Porcentagem modal de biotita	>15%	<15%	<5%
Porcentagem modal de leucossoma	<40%	>40%	-
Estruturas pré-migmatização	preservadas	parcialmente destruídas	total ou parcialmente destruídas
Mesossoma	preservado	raramente preservado	ausente
Estruturas predominantes (Mehnert, 1971)	oftálmica e estromática	estromática e <i>schlieren</i>	nebulítica e <i>schlieren</i>
Composição do leucossoma (Streckeisen, 1976)	Granodiorito e monzogranito e quartzo-monzonito	Granodiorito à monzogranito	

migmatíticos e *surmicáceos* (Didier, 1973), distribuídos ao longo do corpo, predominando, entretanto, nas zonas de borda.

A passagem dos migmatitos para o leucogranito é transicional e pode ser evidenciada por transformações texturais progressivas e pelos contatos gradativos observados entre ambos. A fácies Ribeirão da Prata constitui o litotipo que melhor marca a transição entre metatexitos (biotita gnaiss migmatítico) e diatexitos heterogêneos (leucognaiss migmatítico) e as fácies mais homogêneas do leucogranito Capivara (fácies Monte Belo e Dois Irmãos).

A fácies Ribeirão da Prata corresponde a um granito difuso ou migmatítico (Raguin, 1970) ou, ainda, a um diatexitito homogêneo (Brown, 1979), e é caracterizada por apresentar litotipos com concentrações frequentes de biotita e porções com textura migmatítica preservada. A fácies Dois Irmãos possui leucogranitos com volume modal de biotita, em geral superior ao de muscovita (biotita/muscovita > 1 e 2,5% > biotita > 5,0%), além de granada e turmalina escassas. Ocorre, normalmente, associada à fácies Ribeirão da Prata. A fácies Monte Belo, por outro lado, apresenta biotita em volume modal muito baixo em relação à muscovita (biotita/muscovita < 1 e biotita < 4%), contendo com frequência turmalina e granada. É encontrada associada, em geral, com pegmatitos (com granada e turmalina) e, localmente, com bolsões greisenizados. Na parte sul da área, o leucogranito Capivara ocorre em contato tectônico com o granito Maromba de Almeida & Junho (1994).

Um resumo a respeito das características e semelhanças

petrográficas entre os litotipos migmatíticos e graníticos é apresentado nas Tabelas 2 e 3.

GEOQUÍMICA DE ELEMENTOS MAIORES, MENORES E TRAÇO

Como características gerais, o leucogranito Capivara é subalcalino, de linhagem calcialcalina (Figura 1a), e apresenta caráter amplamente peraluminoso (Figura 1b), ocorrendo com a razão A/CNK (índice de alumina) variando de 1,15, nos tipos mais pobres em muscovita, a 1,58, nos tipos ricos em muscovita.

Entretanto, este caráter peraluminoso não é, ao contrário do que possa parecer, influenciado por valores supostamente elevados de Al₂O₃, mas sim pelas concentrações mais baixas de Na₂O e, principalmente, de CaO. Estas concentrações podem representar o reflexo composicional da própria fonte (metassedimentar), que, ao ser submetida à ação de diversos processos superficiais (intemperismo), apresentou perda de sódio e cálcio em solução, ocasionando, em contrapartida, a elevação da taxa de K/Na (White, 1992).

Os leucogranitos, em geral, mostram pouca variação composicional, mesmo entre os

Tabela 2 - Comparação petrográfica entre os leucossomas e bolsões gerados "in situ" nos migmatitos e as fácies correspondentes à unidade leucogranito Capivara.

	Leucossoma	Bolsão leucogranítico	Fácies Ribeirão da Prata	Fácies Monte Belo e Dois Irmãos
Associação mineral	qz mc pg ms bt zr ap tu	qz mc pg ms bt gr zr ap mo	qz mc pg bt ms zr ap mo gr mz	qz mc pg ms bt gr tu zr ap mz
Processos secundários	muscovitização, saussuritização, mirmequitização, geração de micropertitas e localmente cloritização			
Classificação (Streckeisen, 1976)	granodiorito à monzogranito	monzogranito	granodiorito à sienogranito	monzogranito
Textura	equigranular à levemente porfiritica, de grão fino à médio e contornos anédricos, podendo apresentar orientação preferencial no caso dos minerais micáceos			
Índice de cor	hololeucocrático à leucocrático	hololeucocrático	hololeucocrático à leucocrático	hololeucocrático

Abreviaturas: bt-biotita; ms-muscovita; qz-quartzo; pg-plagioclásio; mc-microclinio; gr-granada; tu-turmalina; zr-zircão; ap-apatita; mz-monazita; mo-mineral opaco; si-sillimanita.

Tabela 3 - Linhas gerais da análise petrográfica comparativa entre melanossoma x enclave surmicáceo e mesossoma x biotita-plagioclásio gnaiss.

	melanossoma	enclave surmicáceo	mesossoma	biotita-plagioclásio gnaiss
Associação mineral	bt ms qz pg gr zr ap si	bt ms qz pg gr zr ap mo	bt pg qz gr mc zr ap mo	
Classificação (Streckeisen, 1976)	Granodiorito a Granitóide rico em quartzo	Granitóide rico em quartzo	Granodiorito a Tonalito	Granodiorito a Tonalito
Textura	Lepidoblástica		Granolepidoblástica	
Processos secundários	muscovitização			

Abreviaturas: bt-biotita; ms-muscovita; qz-quartzo; pg-plagioclásio; mc-microclinio; gr-granada; tu-turmalina; zr-zircão; ap-apatita; mz-monazita; mo-mineral opaco; si-sillimanita.

Simbologia das Figuras 1 a 6: *cruz* - enclave *surmicáceo*; *triângulo cheio* - mesossoma; *quadrado cheio* - metatexito; *quadrado vazado* - diatexito heterogêneo; *círculo cheio* - fácies Ribeirão da Prata; *losango cheio* - fácies Dois Irmãos; *losango vazado* - fácies Monte Belo; *círculo vazado* - bolsão leucogranítico; *quadrado semi-cheio* - bolsão greisenizado; *asterisco* - biotita granito Maromba.

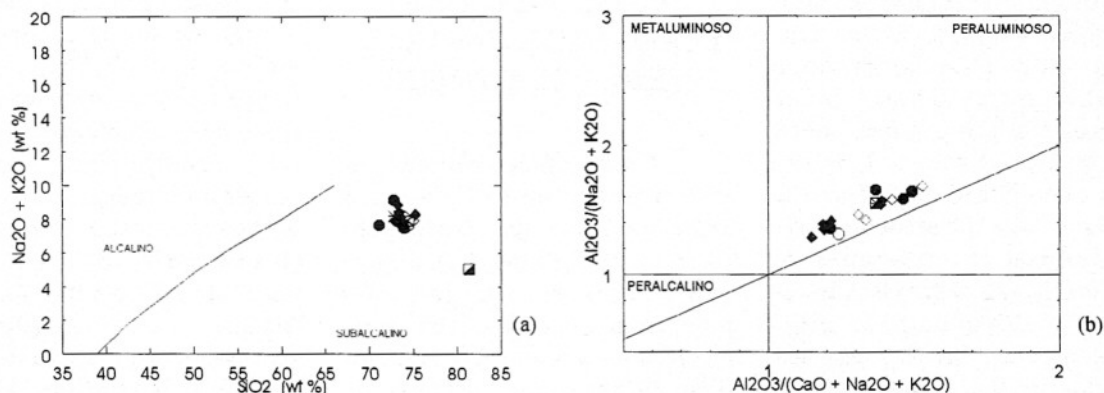


Figura 1 - Diagrama de álcalis x sílica (a) (Irvine & Baragar, 1971) e (b) Índice de Shand (Maniar & Piccoli, 1989) para os litotipos da Unidade Leucogranito Capivara. Obs: $FeO^* = FeO + 0,9989Fe_2O_3$.

tipos ricos (fácies Monte Belo) e pobres em muscovita (fácies Dois Irmãos e Ribeirão da Prata), apresentando como feição principal a sílica bastante elevada e os baixos teores de TiO_2 , FeO , Fe_2O_3 , MgO e CaO em relação aos migmatitos. No caso dos migmatitos e mesossoma, os valores de óxidos mostram-se um pouco mais dispersos em relação aos leucogranitos, produto da própria heterogeneidade mineralógica e textural apresentada por estes litotipos.

Nos diagramas de variação de Harker, envolvendo principalmente TiO_2 , Al_2O_3 , MgO , $Fe_2O_3^*$ e CaO , observa-se, na seqüência migmatítica, a separação de grupos distintos representados por mesossoma, metatexito e diatexito heterogêneo (Figura 2). A relação destes grupos sugere a existência de uma **linha de mistura** representando o processo de migmatização propriamente dito. Ou seja, o mesossoma (provável protólito dos migmatitos) passa por um estágio interme-

diário metatexítico (biotita gnaisse migmatítico) até alcançar a fase diatexítica (leucognaisse migmatítico).

A relação apresentada nestes diagramas é controlada, essencialmente, pela biotita,

considerada fase mineral fundamental no processo de fusão parcial (resistato) gerador dos migmatitos. Secundariamente, alguns minerais opacos (ilmenita) e apatita associados e plagioclásio contribuíram

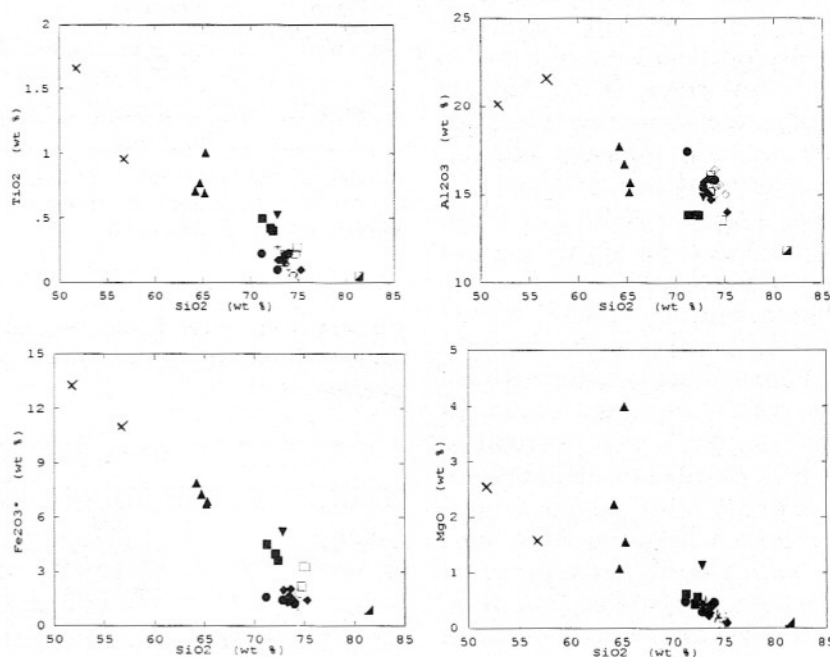


Figura 2 - Diagramas de variação de Harker representando o comportamento dos litotipos estudados.

para o comportamento ora observado (Figura 3). Esta idéia é reforçada pelo fato do mesossoma (biotita-plagioclásio gnaisse) ser o litotipo portador dos maiores volumes destas fases minerais (biotita, plagioclásio e minerais opacos).

Nestes mesmos diagramas, os leucogranitos, principalmente as fácies Monte Belo e Dois Irmãos, tendem a se isolar desta imaginária **linha de mistura** (Figura 2). Este isolamento pode significar que a biotita e o plagioclásio já não controlam com grande intensidade estas composições, marcando, assim, o início plenamente anatético (e não puramente migmatítico) do sistema. Neste estágio anatético, é provável que a curva de estabilidade da biotita tenha sido alcançada, fazendo com que alcalifeldspato cristalize com maior frequência no líquido. Como consequência, tipos cada vez mais graníticos são gerados.

A fácies Ribeirão da Prata (granito migmatítico), também, tende a se afastar levemente do *cluster* relativo às demais fácies do leucogranito Capivara, reforçando a separação faciológica de campo e petrográfica, onde estes litoti-

pos representam a transição entre o estágio migmatítico e o estágio anatético.

Os **enclaves surmi-cáceos** observados no leucogranito Capivara correspondem aos membros extremos máficos da **linha de mistura** apresentada pela seqüência migmatítica, com teor de TiO_2 , Al_2O_3 e $Fe_2O_3^*$ altos. Isto pode significar uma participação maior de fases minerais residuais, como biotita, no controle da composição destes litotipos. Os valores baixos de CaO e elevados de K_2O encontrados estão relacionados, respectivamente, a fenômenos intensos de saussuritização de plagioclásio e muscovitização da biotita.

Com o intuito de controlar melhor a presença de biotita e suas inclusões (zircão, apatita e monazita), e, eventualmente, fases minerais opacas, foram construídos diagramas envolvendo alguns óxidos com $Fe_2O_3^*$ (Figura 3). Estes diagramas são eficazes no controle da presença de biotita residual e fases acessórias que, normalmente, acompanham-na como ilmenita, magnetita, zircão (Zr e ETR), apatita (P_2O_5 e ETR_M), monazita (Th e ETR_L) e granada.

A correlação positiva apresentada por estes diagramas aponta para um enriquecimento de TiO_2 e Al_2O_3 , com o aumento de $Fe_2O_3^*$ nos membros das fácies Dois Irmãos e Ribeirão da Prata, e, principalmente, nos migmatitos e mesossoma. Este enriquecimento está diretamente associado ao maior volume modal de restitos de biotita, e, secundariamente, de minerais opacos, observando nestes dois últimos litotipos, resultados similares aos obtidos nos diagramas de variação de Harker e naqueles envolvendo Zr.

As variações de Zr podem também refletir o consumo gradual da fase residual mais importante do sistema (biotita), devido, sobretudo, às inclusões de zircão. No diagrama RbxZr, por exemplo, ocorre uma correlação negativa para a associação anatético-migmatítica, ou seja, com o aumento do consumo de biotita (monitorado pelo decréscimo de Zr), há, em tese, uma maior cristalização de alcalifeldspato no líquido. Desta maneira, como Rb tende a substituir K na estrutura destes feldspatos, este elemento (Rb) começa a crescer com a deposição de

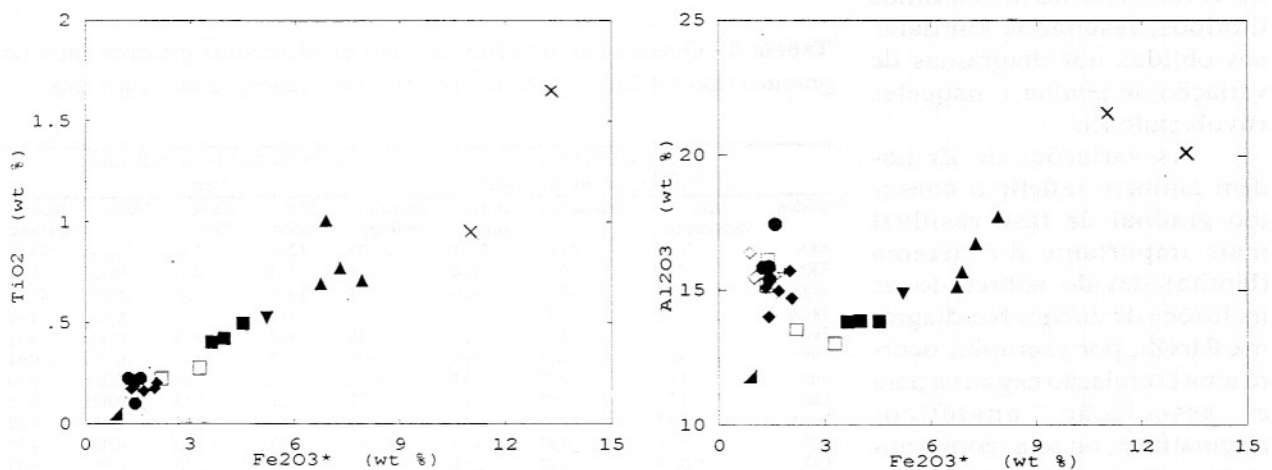


Figura 3 - Diagramas TiO_2 , Al_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O e $K_2O \times Fe_2O_3^*$ dos litotipos estudados.

alcalifeldspato no líquido. Tudo leva a crer que a curva de estabilidade da biotita tenha sido alcançada, confirmando as relações obtidas nos diagramas de variação de Harker. Comparando-se o diagramas RbxZr e $K_2OxFe_2O_3^*$ pode-se chegar às mesmas conclusões.

Com o intuito de controlar melhor a presença de biotita e suas inclusões (zircão, apatita e monazita), e, eventualmente, fases minerais opacas, foram construídos diagramas envolvendo alguns óxidos com $Fe_2O_3^*$ (Figura 3). Estes diagramas são eficazes no controle da presença de biotita residual e fases acessórias que, normalmente, acompanham-na como ilmenita, magnetita, zircão (Zr e ETR), apatita (P_2O_5 e ETR_M), monazita (Th e ETR_L) e granada.

A correlação positiva apresentada por estes diagramas aponta para um enriquecimento de TiO_2 e Al_2O_3 com o aumento de $Fe_2O_3^*$ nos membros da fácies Dois Irmãos e fácies Ribeirão da Prata, e, principalmente, nos migmatitos e mesossoma. Este enriquecimento está diretamente associado ao maior volume modal de restitos de biotita, e, secundariamente, de minerais opacos, observando nestes dois últimos litotipos, resultados similares aos obtidos nos diagramas de variação de Harker e naqueles envolvendo Zr.

As variações de Zr podem também refletir o consumo gradual da fase residual mais importante do sistema (biotita), devido, sobretudo, às inclusões de zircão. No diagrama RbxZr, por exemplo, ocorre uma correlação negativa para a associação anatético-migmatítica, ou seja, com o aumento do consumo de biotita (monitorado pelo decréscimo

de Zr), há, em tese, uma maior cristalização de alcalifeldspato no líquido. Desta maneira, como Rb tende a substituir K na estrutura destes feldspatos, este elemento (Rb) começa a crescer com a deposição de alcalifeldspato no líquido. Tudo leva a crer que a curva de estabilidade da biotita tenha sido alcançada, confirmando as relações obtidas nos diagramas de variação de Harker. Comparando-se os diagramas RbxZr e $K_2OxFe_2O_3^*$ pode-se chegar às mesmas conclusões.

Os leucogranitos, comparativamente aos migmatitos, também apresentam razões superiores de Rb/Ba e Rb/Sr e baixas taxas de Ba/Sr. Razões anômalas na Unidade Leucogranito Capivara são encontradas para o bolsão quartzofeldspático (greisen), dada a sua composição diferenciada. O mesossoma apresenta razões similares às apresentadas pelos migmatitos, confirmando uma maior afinidade composicional com estes. Razões de Rb/Sr compatíveis com as observadas no leucogranito Capivara são utilizadas por Brown (1979), nos diatexitos homogêneos e *sheets* graníticos (Maciço Armoricano Francês), para ex-

plicar a existência de fenômenos relacionados à diferenciação por cristalização fracionada ou à coexistência, em equilíbrio, entre o líquido gerado por fusão e o resíduo rico em plagioclásio.

Em relação aos granitos tipo S de Chappell & White (1992), o leucogranito Capivara apresenta-se também empobrecido em TiO_2 , Fe_2O_3+FeO , MgO e CaO, mesmo se comparado com granitos tipo S mais fracionados, indicando baixa participação de biotita, ilmenita e plagioclásio. Em contrapartida, os teores um pouco superiores de Al_2O_3 , MnO e K_2O no leucogranito Capivara atestam a presença mais efetiva de feldspatos e granada. Os demais óxidos, como SiO_2 e Na_2O , apresentam similaridade entre a média dos granitóides tipo S e o leucogranito Capivara (Tabela 4). Valores relativamente elevados em Rb (>350 ppm), como os encontrados no leucogranito Capivara, são utilizados por Chappell & White (op. cit.) como indicativos de potencialidade metalogenética para estanho nos granitóides crustais australianos do tipo S.

No diagrama multicatiônico de de la Roche et al.

Tabela 4 - Quadro químico comparativo de elementos maiores entre os granitos tipo S (Chappell & White, 1992) e o leucogranito Capivara.

óxidos	GRANITOS TIPO S (CHAPPELL & WHITE, 1992)			LEUCOGRANITO CAPIVARA				
	Não-fracionados	Fracionados	Média Tipo S	Fácies				Bolsão granítico
				Ribeirão da Prata	Dois Irmãos	Monte Belo	Média	
SiO_2	71,58	74,40	70,91	71,55	72,33	72,87	72,24	73,70
TiO_2	0,48	0,16	0,44	0,19	0,16	0,09	0,15	0,05
Al_2O_3	13,83	13,50	14,00	15,83	14,96	15,27	15,35	14,50
Fe_2O_3	0,45	0,28	0,52	0,53	0,66	0,31	0,50	1,00
FeO	2,38	1,14	2,59	0,78	0,85	0,78	0,80	0,71
MnO	0,05	0,04	0,06	0,07	0,08	0,11	0,09	0,61
MgO	1,02	0,27	1,24	0,40	0,27	0,17	0,28	0,10
CaO	1,74	0,67	1,88	0,72	0,79	0,53	0,68	0,36
Na_2O	2,57	3,06	2,51	3,04	2,89	2,93	2,95	4,60
K_2O	4,33	4,84	4,09	4,80	5,23	4,75	4,93	3,20
P_2O_5	0,14	0,18	0,15	0,17	0,08	0,07	0,11	0,09
TOTAL	98,51	98,54	98,39	97,51	98,30	97,88	98,08	98,92
Rb (ppm)	200-250	>300		179-452	202-360	243-340	275	266

(1980), modificado por Batchelor & Bowden (1985), e de Pearce et al. (1984), as fácies do leucogranito Capivara apresentam comportamento químico compatível com os granitóides colisionais, sendo caracterizadas pela sílica e Rb elevados e Nb e Y baixos (Figuras 4 e 5).

ELEMENTOS TERRAS RARAS

De um modo geral, nos granitos, o conteúdo de elementos terras raras (ETR), com exceção do Eu, também é controlado, essencialmente, pelas fases acessórias (zircão, apatita, monazita e granada). Em termos de ETR normalizados (Boynton, 1984), observou-se, nos litotipos da Unidade Leucogranito Capivara, três padrões de curva principais (Figuras 6a, 6b e 6c), confirmando e realçando as diferenças composicionais entre a fácies Monte Belo e as fácies Dois Irmãos e Ribeirão da Prata.

O leucogranito Dois Irmãos (Figura 6b) possui padrões de ETR compatíveis com granitos colisionais do grupo II (Hercinianos e Himalaios) de

Harris et al. (1986) (Figura 6e), apresentando fracionamento moderado à forte, curva com inclinação negativa suave a moderada, e anomalia negativa para európio. Além disso, o somatório de ETR e o teor de ETR_L são, notadamente, mais elevados nestes litotipos leucograníticos, se comparados aos similares da fácies Monte Belo, resultando da presença mais constante de minerais residuais como monazita, zircão e apatita.

A fácies Monte Belo mostra padrões de ETR (Figura 6a) pouco fracionados, sen-

do caracterizados por uma forma em “V” (*cross over*). Esta feição é demonstrada pelo nítido empobrecimento de ETR_L em relação a ETR_P, provocada pela cristalização de granada, associada, ainda, a uma diminuição suave na anomalia (negativa) de Eu.

O padrão das curvas de fracionamento e o baixo somatório de ETR demonstrado pela fácies Monte Belo pode ser explicado pela ampla retenção de minerais refratários no resíduo (principalmente zircão) e, subordinadamente, pela ação de voláteis ricos em B ou F, repre-

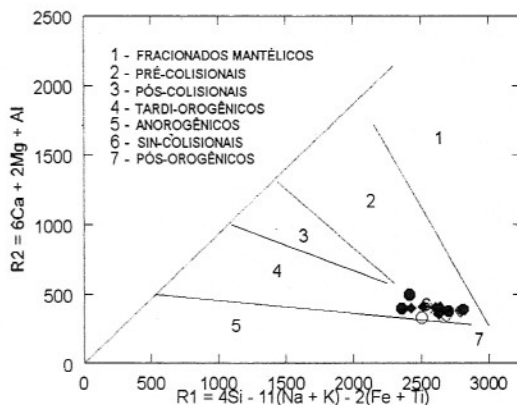


Figura 4 - Comportamento das amostras analisadas do leucogranito Capivara no diagrama multicatiônico R1-R2 de la Roche et al. (1980) modificado por Batchelor & Bowden (1985).

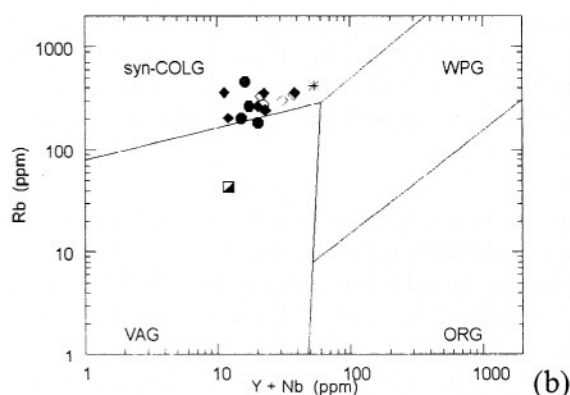
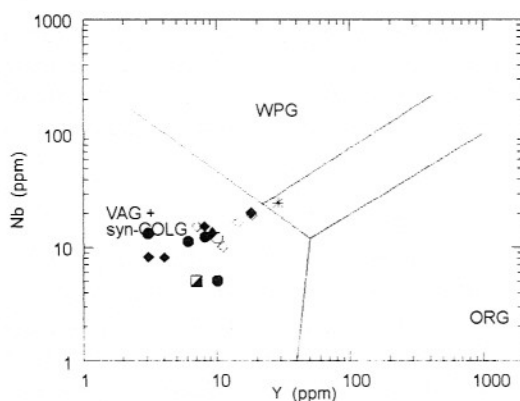


Figura 5 - Diagramas (a) Nb x Y e (b) Rb x Nb + Y (Pearce et al., 1984) (Obs: ORG= Ocean Ridge Granites; WPG= Within Plate Granites; VAG= Volcanic Arc Granites; syn-COLG= Syn-colisional Granites).

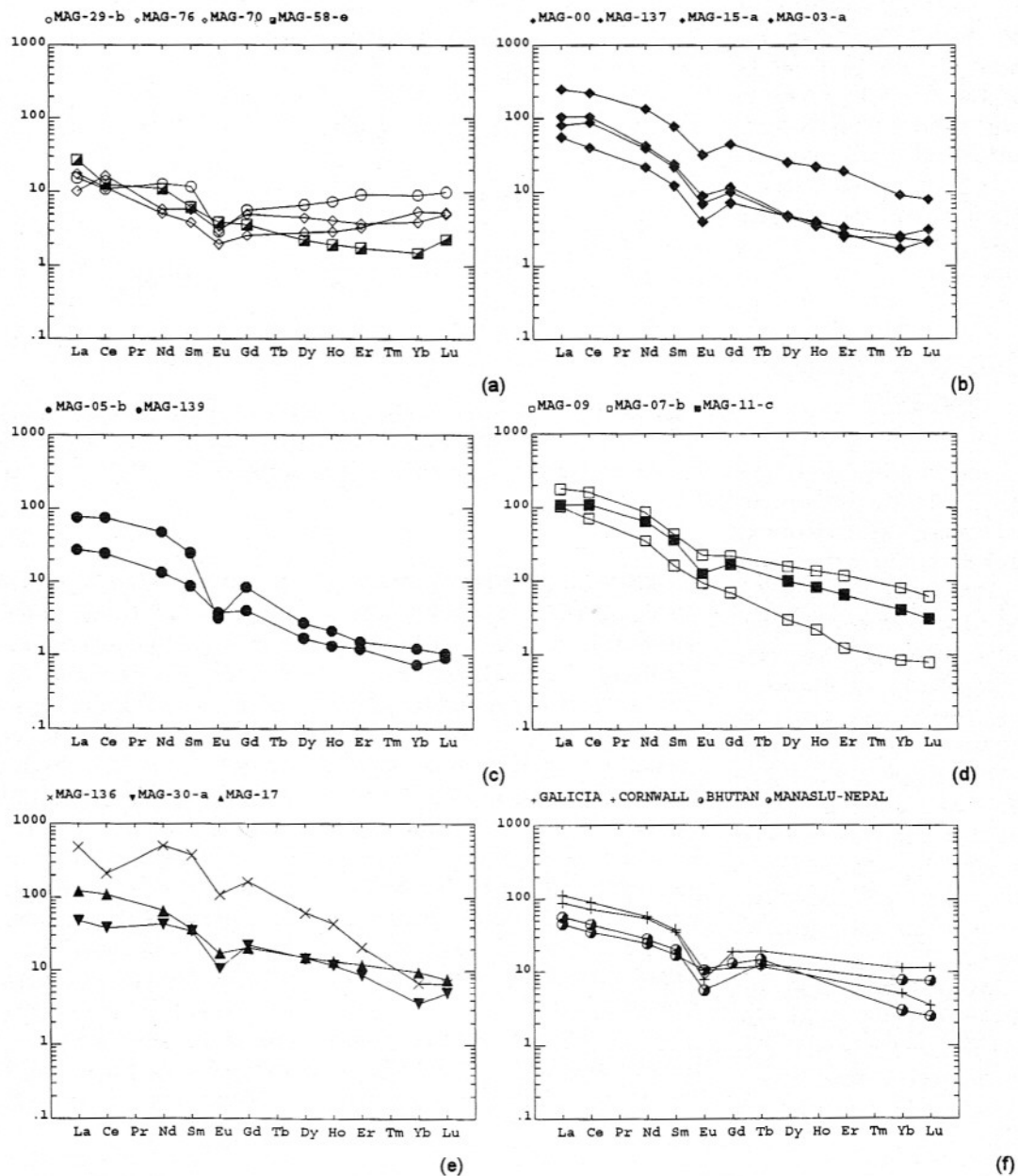


Figura 6 - Curvas de ETR normalizadas (Evensen et al., 1978; multiplicado pelo fator 1,27 de Boynton, 1984). a- fácies Monte Belo; b- fácies Dois Irmãos; c- fácies Ribeirão da Prata; d- biotita gnaiss e leucognaiss migmatíticos; e- enclave surmicáceo, mesossoma e melanossoma e f- Média dos granitóides colisionais dos Himalaias (Manaslu e Buthan) e Hercínides (Galícia e Cornwall) relacionados ao grupo II de Harris et al. (1986).

sentada por muscovitização e saussuritização. O bolsão leucogranítico, gerado *in situ* a partir dos migmatitos, e o bolsão *greisenizado* demonstram estreita relação com os leucogranitos da fácies.

O processo de muscovitização, assim como o de cris-

talização de turmalina em estágio pneumatolítico, que afetou os litotipos leucograníticos (melhor representados na fácies Monte Belo), ao que tudo indica, está realmente relacionado a um processo autometasomático (deutérico), apresentando fase volátil rica em H₂O,

F e B (K e Na).

A fácies Ribeirão da Prata, por representar a transição entre o leucogranito Capivara (fácies Monte Belo e Dois Irmãos) e as encaixantes migmatíticas (diatexitos heterogêneos e metatexitos), apresenta padrões de ETR intermediá-

rios entre ambos litotipos (Figura 6c). Geralmente, os migmatitos apresentam maior variação no conteúdo de ETR_p, somatório de ETR mais elevado e anomalia de Eu menor (devido ao acúmulo de plagioclásio), se comparados aos litotipos da Unidade Leucogranito Capivara (Figura 6d). Mostra curvas de ETR normalizadas com fracionamento moderado a forte, semelhantes às observadas nas fácies Dois Irmãos e Ribeirão da Prata.

Apesar de também mostrarem certa afinidade com este mesmo grupo de leucogranitos (fácies Ribeirão da Prata), os leucognaisses migmatíticos considerados típicos (MAG-09), juntamente com os biotita gnaisses migmatítico, mesossoma, melanossoma e enclave *surmicáceo* (Figura 6e), apresentam somatório de ETR mais elevado, refletindo uma participação maior de biotita, e, conseqüentemente, de suas inclusões. Holtz (1989), ao estudar duas suítes graníticas do norte de Portugal (Chaves e Montalegre), constatou padrões de ETR semelhantes aos relacionados aos tipos leucograníticos aqui estudados. Este mes-

mo autor atribui, ao processo de *restitute unmixing*, as variações observadas nos tipos mais ricos em fases residuais (principalmente biotita e cordierita) e pobres em muscovita. Nos tipos mais ricos em muscovita, o mesmo autor conclui que um maior conteúdo de água esteve presente no processo de formação, permitindo a diminuição da viscosidade do líquido e uma melhor separação entre este e o resíduo.

CONCLUSÕES

As características de campo e petrográficas do leucogranito Capivara e os migmatitos associados, juntamente com os dados geoquímicos, sugerem a existência de uma seqüência anatética, marcada por estágios gradativos de separação líquido-resíduo, a partir da fusão parcial dos metassedimentos do CDA I. Anfibolitos, granada anfibolitos e muscovita-quartzo xistos representam os resistatos desta anatexia. Processos posteriores, relacionados à própria atividade hidrotermal do plúton leucogranítico, proporcionaram

o surgimento de fenômenos de muscovitização e saussuritização, sobretudo na fácies Monte Belo e enclaves, além de cristalização de turmalina nas fases pneumatolíticas. O leucogranito Capivara apresenta características químicas compatíveis com os granitóides colisionais (Batchelor & Bowden, 1985; Pearce et al., 1984), sobretudo com os granitóides himalaicos (*High Himalaias*) e hercinianos, relacionados ao grupo II de Harris et al. (1986). Possui, também, em alguns aspectos, semelhanças com os granitóides tipo S (Chappell & White, 1992).

AGRADECIMENTOS

O autor agradece a Prof.a Maria do Carmo B. Junho (UFRJ) e aos Profs. Rubem Porto Jr. (UFRuRJ) e Sérgio de Castro Valente (UFRuRJ e Queen's University of Belfast) pelas sugestões e críticas recebidas durante a execução deste trabalho. Os mais sinceros agradecimentos também à Capes, ao CNPq e a CPRM, que tornaram possível esta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, M.E. & JUNHO, M.C.B. (1994) Leucogranito Capivara e rochas encaixantes migmatíticas, Itamonte, sul de Minas Gerais, Brasil. In: Cong. Bras. Geol., 38, Santa Catarina, SC, Bol. Res. Exp., SBG, p.78-79.
- ASHWORTH, JR. (1985) Migmatites. Ed. Blackie & Son Ltd., Londres, 302 p.
- BOYNTON, W.V. (1984) Cosmochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. In: P. Henderson (Ed.) Rare Earth Element Geochemistry. Elsevier Publ., p.63-114.
- BROWN, M. (1979) The petrogenesis of the St. Malo Migmatite Belt, Armorican Massif, France, with particular reference to the diatexites. Neues Jb. Miner. Abh., 135(1):48-74.
- CHAPPELL, B.W. & WHITE, A.J.R. (1992) I- and S-type granites in the Lachalan Fold Belt. Trans. Royal Soc. Edinb.: Earth Sciences, 83:1-26.
- DE LA ROCHE, H.; LETERRIER, J.; GRAND CLAUDE, P.; MARCHAL, M. (1980) A classification of volcanic and plutonic rocks using R₁-R₂ diagrams and major element analyses - its relationships with current nomenclature. Chem. Geol., 29:183-210.
- DIDIER, J. (1973) Granites and their enclaves - the bearing of enclaves on the origin of granites.

- Elsevier Publish. Co., Amsterdam, 393 p.
- HARRIS, N.B.W.; PEARCE, J.A.; TINDLE, A.G. (1986) Geochemical characteristics of collision-zone magmatism. In: M.P. Coward & A.C. Ries (Eds.), *Collision Tectonics*. Geological Society, Special publ., **19**:67-81.
- HOLTZ, F. (1989) Importance of melt fraction and source rock composition in crustal genesis - the example of two granitic suites of northern Portugal. *Lithos*, **24**:21-35.
- IRVINE, T.N. & BARAGAR, W.R.A. (1971) A guide to the geochemical classification of the common volcanic rocks. *Canad. Jour. of Earth Sciences*, **8**:523-548.
- JUNHO, M.C.B. (1993) Leucogranitos e migmatitos entre Liberdade e Alagoa, sul de Minas Gerais. In: *Simp. Geol. Sudeste, III, Rio de Janeiro, 1993*. Bol. de Res. e Breves Com., p.44.
- JUNHO, M.C.B.; SILVA, R.R.; WIEDEMANN, C.M. (1989) Leucogranitos do Grupo Andrelândia, sul de Minas Gerais. In: *Simp. Geol. Minas Gerais, 5, Ouro Preto, Anais, SBG/MG*, p.167-171.
- MANIAR, P.D. & PICCOLI, P.M. (1989) Tectonic discrimination of granitoids. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **101**:635-643.
- PACIULLO, F.V.P.; RIBEIRO, A.; ANDREIS, R.R. (1993) Reconstrução de uma bacia fragmentada: o caso do Ciclo Depositional Andrelândia. In: *Simp. Cráton do S. Francisco, 2, Salvador, 1993, SBG/Bahia*, p.224-226.
- PEARCE, J.A.; HARRIS, N.B.W.; TINDLE, A.G. (1984) Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Jour. of Petrology*, **25**(4): 956-983.
- PEREIRA, R.M.; MOREIRA, M.M.; SANTOS, R.A.A.; NEVES, J.L.P. (1992) Geologia e mineralizações do Granito Capivara, município de Itamonte (MG): resultados preliminares. In: *Cong. Bras. Geol., 37, S. Paulo, 1992, Boletim de Resumos Expandidos, SBG/São Paulo*, p.222.
- RAGUIN, E. (1970) *Pétrographie des roches plutoniques dans leur cadre geologique*. Masson & Cie (Ed.). Paris, France, 239p.
- STRECKEISEN, A.C. (1976) To each plutonic rock its proper name. *Earth Sci. Rev.*, **12**:1-33.
- TROUW, R.A.J. & PANKHURST, R.J. (1993) Idades radiométricas ao sul do cráton do São Francisco: Região da folha Barbacena, Minas Gerais. In: *Simp. Cráton do S. Francisco, 2, Salvador, 1993, SBG/Bahia*, p.260-262.
- TROUW, R.A.J.; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F.V.P. ; HEILBRON, M. (1984) Os Grupos S.J. Del Rei, Carrancas e Andrelândia interpretados como a continuação dos Grupos Canastra e Araxá. In: *Cong. Bras. Geol., 33, Rio de Janeiro, 1984, Anais, SBG/Rio de Janeiro*, p.3227-3239.
- WHITE, A.J.R. (1992) *Granite Handbook: Short Course*. 37^o CBG, São Paulo, SP, 109p.