TERRAS-RARAS EM LITOGEOQUÍMICA - I. UM EXEMPLO DE ESQUEMAS DE DISTRIBUIÇÃO EM ROCHAS GRANÍTICAS

CLAUDIO VIEIRA DUTRA*, J.H. GROSSI SAD* e ANTONIO CARLOS PEDROSA SOARES**

ABSTRACT The geological framework as well as the petrography and geochemistry of some intrusive granitoid plutons (Upper Proterozoic) outcropping in the Coronel Murta-Virgem da Lapa region, Northeast of Minas Gerais State, were carefully studied by former authors. This paper presents and discusses the results of REE (rare earth elements) geochemical analysis by the ICP spectrometry method applied on selected samples of those granitoids. The analytical procedures are briefly described. Four varieties of granites are analysed: biotite granite (4 samples), muscovite granite (3 samples), albite-tourmaline granite (2 samples) and pegmatoid granite (1 sample). The LREE (light rare earth elements) contents are, respectively, (in ppm) 315.86, 26.51, 8.95, and 7.25, while the HREE (heavy rare earth elements) ones are 15.16, 2.94, 2.23, and 2.30. The La/Yb ratios are, respectively, 57.3. 19.6, 4.4, and 3.7. The biotite granites don't show an anomaly for the Eu. It appears in muscovite granites and markedly increases in the albite-tourmaline and pegmatoid granites. The deplection ratios in the system biotite granite → muscovite granite are: REE-10, LREE-12, and HREE-5. While in the system muscovite granite → albite-tourmaline granite those ratios are: REE-3, LREE-3, and HREE-1.3. Based on petrographic evidence, geological relations and major-trace elements geochemistry the system biotite granite → muscovite granite → albite-tourmaline granite was interpreted as a metasomatic sequence that may explain the evolution of the anatectic plutons generated by crustal melting. The pegmatoid granites were considered as magmatic residues emplaced on the granitic cupolas. The REE data here present also point to those evolutionary hypothesis.

INTRODUÇÃO A recente introdução da espectrometria de plasma (ICP) na análise de material geológico veio trazer opções novas, simples e rápidas para alguns problemas ainda não resolvidos no campo da geoquímica analítica. A determinação dos elementos de terras-raras (ETR) em níveis de traços e subtraços é um desses problemas que até recentemente só era possível resolver usando espectrometria de massa ou ativação neutrônica, métodos extremamente dispendiosos e lentos.

Com o aparecimento, ainda mais recente, dos espectrômetros de plasma sequênciais, o problema tornou-se mais facilmente exequível em virtude da facilidade na escolha de linhas espectrais, o que possibilita investigar maior número de linhas isentas de interferências.

No presente trabalho a Geolab, divisão de laboratórios da Geologia e Sondagens Ltda. (Geosol), inicia a divulgação de uma série de investigações em que usa o espectro de ETR em litogeoquímica. Essas investigações não se limitam somente aos aspectos geoquímicos propriamente ditos, mas compreenderão estudos de suas implicações em petrogênese e metalogênese. Expõem-se e discutem-se, a seguir, dados relacionados com rochas granitóides da Região Coronel Murta-Virgem da Lapa, nordeste de Minas Gerais, um dos importantes distritos pegmatíticos do Estado.

Um dos aspectos mais característicos do Proterozóico Superior da Região Coronel Murta-Virgem da Lapa é a copiosa presença de rochas magmáticas félsicas, intrusivas em um embasamento, dominantemente metapsamítico-pelítico algo carbonático, denominado Grupo Salinas. Para benefício do leitor, sugere-se a leitura do trabalho de Pedrosa Soares (1984), que apresenta uma síntese sobre a evolução do conhecimento geológico regional. Ademais, este autor preparou uma detalhada investigação da geologia da região sob epígrafe, livremente usada nas notas ora divulgadas.

Interessa-nos, no momento, os magmatitos félsicos, classificados como granitos e granodioritos (aqueles predo-

minantes), com variedades a biotita (-moscovita), a moscovita (-biotita) e a albita-turmalina, além de um tipo leucocrático cuja petrotrama é pegmatóide (Correia Neves et al. 1982, Pedrosa Soares 1984). Cada uma dessas rochas exibe propriedades emocomum, de caráter mineralógico-químico e de arquitetura e petrotrama.

Aos corpos granitóides associam-se pegmatitos produtores mineralizados a Be, Li e Sn (no interior dos maciços e fora deles), enquanto uma mineralização tungstífera ocorre disseminada e em filões nas encaixantes.

DADOS GEOLÓGICOS DAS ROCHAS GRANITÓI-DES Os principais aspectos geológicos da Região Coronel Murta-Virgem da Lapa estão representados na figura 1.

A intrusão granítica-granodiorítica dos morros da Cascalheira e do Frade é do tipo a biotita (-moscovita); parece ser constituída por dois stocks que se juntam no Rio Jequitinhonha. O primeiro deles (Morro da Cascalheira) tem cerca de 6 km de diâmetro e acha-se injetado nas rochas xistosas do Grupo Salinas. Seu contato apresenta mergulho médio e é centrípeto, no nível erosivo em que se expõe. O caráter intrusivo fica patente quando se examina a forma anelar que adquire a Serra da Lagoa Nova, constituída por rochas quartzíticas do Grupo Salinas. A xistosidade principal das encaixantes é anelar e de mergulho centrípeto. O corpo magmático tem estrutura homófana, em geral, e trata-se de rocha leucocrática equigranular e porfiróide, com plagioclásio (An₁₅) dominando sobre o ortoclásio-microclina. Quartzo equivale a cerca de 1/4 do volume total enquanto a biotita totaliza cerca de 1/10 do mesmo; ela pode estar incipientemente substituída pela moscovita. Zircão, apatita, titanita e rutilo são acessórios. Algum epídoto, sericita e leucoxênio podem ocorrer.

O segundo corpo de biotita (-moscovita) granito-granodiorito é o do Morro do Frade e exibe forma ovalada em planta, com eixo maior de 10 km de extensão segundo

^{*} Geologia e Sondagens Ltda. (Geosol). Rua dos Aimorés, 200, CEP 30000, Belo Horizonte, MG, Brasil

^{**} IGC-UFMG. Cidade Universitária Pampulha, CEP 30000, Belo Horizonte, MG, Brasil

NNE-SSW. Outras características são semelhantes à do stock do Morro da Cascalheira.

Tanto o corpo do Morro da Cascalheira quanto o do Morro do Frade portam xenólitos de rocha xistosa, mais abundantes nas proximidades do contato intrusiva-encaixante.

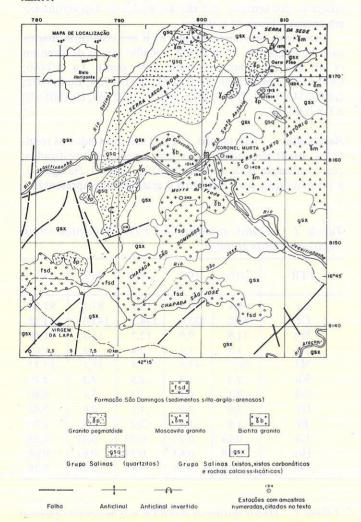


Figura 1 — Mapa geológico da Região Coronel Murta — Virgem da Lapa, Minas Gerais (segundo Pedrosa Soares 1984)

O tipo petrográfico dominante na região é um moscovita (-biotita) granito que parece ocorrer como diversos stocks colmatados, que modelam as serras de Santo Antônio e da Sede e têm muitas massas das encaixantes como restos de teto. Uma foliação verticalizada, nos bordos e em partes no interior da grande massa granítica, foi notada. Um levantamento detalhado da petrotrama planar e linear dos diversos tipos de granitóides ainda não foi realizado e certamente, quando estabelecido, aduzirá informações fundamentais sobre a arquitetura dos corpos.

A intrusão dos corpos graníticos a moscovita (-biotita) foi forçada e observou-se intenso plissamento da encaixante xistosa. Em geral, a rocha granítica tem textura eqüigranular xenomórfica. O plagioclásio (oligoclásio sódico) ora predomina, ora equivale à microclina, ora ainda ocorre em menor proporção que essa. A moscovita alcança até cerca de 7% do volume; freqüentemente substitui a biotita e, algumas vezes, a microclina. Os acessórios incluem granada, sillimanita, zircão, apatita e um opaco tentativamente identificado

como hematita. Alguma clorita e sericita podem ocorrer. O plagioclásio altera-se em albita e é substituído por felds-pato potássico enquanto a biotita e a sillimanita podem-se mostrar moscovitizadas. A biotita pode substituir a granada. Essas alterações atestam a interferência de processos metassomáticos soda-potássicos.

Em diversos locais da grande massa granítica das serras de Santo Antônio e da Sede aparecem zonas albitizadas-turmalinizadas ou, então, moscovitizadas. Do mesmo modo, ocorrem porções de granito pegmatóide, que também injetam as rochas xistosas e quartzosas do Grupo Salinas (Fig. 1).

Os tipos a albita-turmalina e pegmatóide aparecem como fácies apicais dos granitos. O granito pegmatóide constitui carapaças com poucas centenas de metros até 7 km de diâmetro (corpo a oeste de Ouro Fino). Trata-se de um material homófano contendo recobrimentos de porções consideráveis de metamorfitos Salinas ou, ainda, tendo xenólitos dos mesmos (Fig. 2). No contato intrusiva-encaixante, aquela mostra bordo de granulação mais fina. O granito pegmatóide tem microclina (porções mais grossas) ou ortoclásio (porções menos grossas) pertíticos, quartzo, oligoclásio sódico, turmalina e moscovita. Ademais, existem granada, biotita e berilo, acessórios.

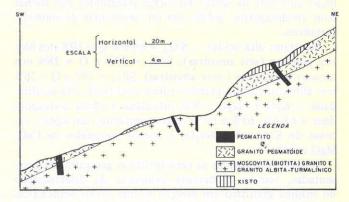


Figura 2 – Perfil da carapaça de granito pegmatóide, Serra da Sede, norte de Ouro Fino (segundo Pedro Soares 1984)

O tipo albita turmalinífero é homófano equigranular em textura e desenvolve-se associado à moscovita (-biotita) granito e ao granito pegmatóide, sendo muito menos abundante que estes. O tipo apresenta arranjo radiado constituído por ripas de albita e grãos um tanto alinhados de quartzo e feldspato potássico instalada em um fundo granular xenomórfico, com quartzo, feldspato potássico, moscovita e turmalina azul.

CARACTERÍSTICAS GEOQUÍMICAS DAS ROCHAS GRANITÓIDES Recentemente, muitos autores adotaram o esquema de Chappel & White (1974) ou o de Ishihara (1977) ao tratarem das rochas granitóides. No primeiro caso, têm-se granitos chamados tipos I e S, derivados de fontes ígnea e sedimentar, respectivamente. No segundo caso, têm-se os tipos a magnetita e a ilmenita. Como todos os esquemas aos quais se atribui universalidade, os esquemas mencionados só são aplicáveis com restrições, em alguns casos com tantas restrições que o próprio esquema parece a exceção. É o que acontece com os granitóides da Região Coronel Murta-Virgem da Lapa (Pedrosa Soares 1984). Ainda assim, este autor buscou indicar algumas evidências

que os assemelham aos granitos da série ilmenita e do tipo S.

As evidências colecionadas para os granitos da Região Coronel Murta-Virgem da Lapa sugerem uma tendência de evolução magmático-metassomática complexa, que não pode ser simplesmente entendida em termos de tipos de granitos. Parece que as rochas graníticas da região exibem relações de evolução e herança bem delineadas.

A "seqüência" granítica originou-se por refusão da crosta (Pedrosa Soares 1984) e evoluiu do modo seguinte: granodiorito → biotita granito (porfirítico ou não) → leucogranito de granulação média (moscovita-biotita-granito) → albita-turmalina granito de granulação média a fina → granito pegmatóide → diques pegmatíticos ácidos com mineralização de Be, Sn, Li.

A tendência geral de diferenciação é assim exemplificada:
a) pela diminuição gradativa da granulação (exceto para as carapaças de granito pegmatóide); b) pela diminuição da biotita; c) pelo aumento da moscovita; d) pelo aumento de SiO₂; e) pela diminuição da razão K/Rb (Fig. 23 de Pedrosa Soares 1984); f) pelo aumento de K₂O + Na₂O, Be, Zr, Rb, Cs, W, Sn, Nb e Ta; g) pela diminuição do Li, Ba e Sr; h) pela notável variação dos conteúdos dos ETR (ver adiante); e i) pela diminuição do F.

As observações acima refletem a tendência geral de evolução crescente da acidez das rochas granitóides. São rochas com zircão-apatita, pobres em ou destituídas de minerais metálicos.

Mostram: alta acidez $-\operatorname{SiO}_2 = 69\%$ e Q = 19% nos biotita granitos (seis amostras); $\operatorname{SiO}_2 = 73\%$ e Q = 28% nos moscovita granitos (nove amostras); $\operatorname{SiO}_2 = 74\%$ e Q = 28% nos albita-turmalina granitos (duas amostras); alta alcalinidade $-\operatorname{K}_2\operatorname{O} + \operatorname{Na}_2\operatorname{O} > 8\%$; ortoclásio + albita correspondem a 68,5%, 65% e 67%, respectivamente; um ligeiro excesso de $\operatorname{K}_2\operatorname{O}$ sobre $\operatorname{Na}_2\operatorname{O}$; e baixos conteúdos de CaO, MgO e TiO₂.

Considerando todas as características geoquímicas apresentadas, tem-se exuberante evidência da diferenciação do magma granítico em direção a uma maior acidez-alcalinidade. (O termo diferenciação é aqui utilizado em seu senso amplo, sem significar, necessariamente, diferenciação magmática por cristalização fracionada.)

O metassomatismo alcalino desenvolveu-se com grande intensidade, provavelmente através da albitização em um primeiro estágio e da moscovitização em estágio posterior.

ETR NAS ROCHAS GRANITÓIDES Procedimento analí-O método de determinação dos ETR estabelecido no Geolab utiliza uma pré-concentração com resina de troca iônica, de maneira a separar os principais constituintes da rocha mantendo os ETR contidos em apenas 11 ml de solução clorídrica. A determinação final é feita em um espectrômetro ARL 35.000 que detecta a emissão de 12 ETR sequencialmente e "registra" os diagramas de normalização pelos condritos. Detalhes sobre a metodologia e a exatidão dos resultados foram dados por Dutra (1984) e pequenas modificações foram agora adotadas salientando-se que possíveis resíduos insolúveis encontrados após ataque com HF + HClO₄ são separados por centrifugação e fundidos com a menor quantidade possível de carbonato de sódio, ou metaborato de sódio e, em seguida, dissolvidos em HCl (2N). A quantidade do fundente deve ser controlada de tal maneira que não venha a saturar a resina. Os limites de sensibilidade foram agora otimizados e ficam nos seguintes níveis, calculados sobre a amostra (em ppm): La 0,04; Ce 1,5; Sm 0,05; Yb 0,005; Nd 0,03; Eu 0,01; Gd 0,6; Dy 0,02; Er 0,01; Lu 0,01; Ho 0,01; e Tm 0,02.

Depois de 10 meses de trabalho, mais de 200 amostras foram analisadas (incluindo as que constam no presente trabalho), com uma produção sempre crescente. Com oito colunas de troca iônica podemos processar cerca de 60 amostras por semana, que são analisadas no espectrômetro em apenas 5 horas de trabalho.

Os valores de abundância dos ETR nos condritos, usados para normalização no presente trabalho são os de Evensen et al. (1978), como se segue (em ppm): La 0,2446; Ce 0,6379; Sm 0,1540; Yb 0,1651; Nd 0,4738; Eu 0,5802; Gd 0,2043; Dy 0,2541; Er 0,1660; Lu 0,02539; Ho 0,05670 e Tm 0,02561.

Resultados Nas tabelas 1, 2 e 3 são mostrados os resultados analíticos encontrados nos espécimes investigados, cuja localização pode ser visualizada na figura 1. Na figura 3, a normalização para condritos é graficamente apresentada.

Tabela 1 — Dados químicos dos ETR (elementos terras-raras) em biotita granitos

| ETR | 1.014 | 194 | 1.547 | 249 | \overline{x} |
|-----|-------|-------|-------|-------|----------------|
| La | 99,5 | 69,5 | 115,1 | 87,1 | 92,80 |
| Ce | 162,0 | 133,9 | 174,5 | 145,0 | 153,85 |
| Sm | 11,8 | 9,9 | 12,7 | 11,3 | 11,44 |
| Yb | 1,4 | 1,4 | 2,4 | 1,3 | 1,62 |
| Nd | 60,7 | 47,8 | 67,4 | 55,1 | 57,77 |
| Eu | 2,2 | 1,9 | 2,5 | 2,2 | 2,20 |
| Gd | 7,1 | 6,1 | 7,3 | 6,7 | 6,80 |
| Dy | 3,9 | 3,3 | 4,5 | 3,6 | 3,82 |
| Er | 1,8 | 1,4 | 2,2 | 1,4 | 1,70 |
| Lu | 0,24 | 0,27 | 0,37 | 0,23 | 0,28 |
| Ho | 0,68 | 0,63 | 0,72 | 0,61 | 0,66 |
| Tm | 0,24 | 0,25 | 0,43 | 0,20 | 0,28 |

Tabela 2 – Dados químicos dos ETR nos moscovita granitos

| ETR | 198 | 1.408 | 1.224 | \bar{x} (1.408 e 1.224) |
|-----|-------|-------|-------|---------------------------|
| La | 86,1 | 8,6 | 6,7 | 7,65 |
| Ce | 156,7 | 12,2 | 11,9 | 12,05 |
| Sm | 27,40 | 1,40 | 0,82 | 1,11 |
| Yb. | 4,20 | 0,47 | 0,32 | 0,39 |
| Nd | 123,0 | 6,2 | 5,2 | 5,70 |
| Eu | 4,60 | 0,27 | 0,24 | 2,55 |
| Gd | 16,50 | 1,40 | 0,97 | 1,18 |
| Dy | 12,60 | 0,97 | 0,45 | 0,71 |
| Er | 5,50 | 0,45 | 0,30 | 0,37 |
| Lu | 0,58 | 0,10 | 0,07 | 0,085 |
| Ho | 2,30 | 0,21 | 0,10 | 0,15 |
| Tm | 0,76 | 0,068 | 0,050 | 0,059 |

Os conteúdos globais dos ETR e aqueles de ETRP* e ETRL** para a sequência rochosa de Coronel Murta-Virgem da Lapa (em ppm) constam da tabela 4, assim como as respectivas relações La/Yb.

^{*} Elementos terras-raras pesados

^{**} Elementos terras-raras leves

Tabela 3 — Dados químicos dos ETR em albita-turmalina granitos e granito pegmatóide

| Elementos | Albita- | Granito pegmatóide | | |
|-----------|---------|--------------------|-----------|-------|
| | 1.913 | 1.976 | \bar{x} | 1.914 |
| La | 1,26 | 4,20 | 2,73 | 2,90 |
| Ce | 1,12 | 7,10 | 4,11 | 3,40 |
| Sm | 0,08 | 0,65 | 0,36 | 0,13 |
| Yb | 0,63 | 0,62 | 0,625 | 0,79 |
| Nd | 0,60 | 2,90 | 1,75 | 0,82 |
| Eu | 0,014 | 0,260 | 0,14 | 0,030 |
| Gd | 0,31 | 0,83 | 0,57 | 0,41 |
| Dy | 0,21 | 0,65 | 0,43 | 0,40 |
| Er | 0,32 | 0,36 | 0,34 | 0,41 |
| Lu | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,14 |
| Но | 0,06 | 0,10 | 0,08 | 0,08 |
| Tm | 0,06 | 0,09 | 0,075 | 0,07 |

Tabela 4 — Distribuição dos elementos de terras-raras (ETRL — elementos terras-raras leves e ETRP — elementos terras-raras pesados) na seqüência granítica de Coronel Murta — Virgem da Lapa

| Rocha | ETR* | ETRL | ETRP | La/Yb |
|--------------------------|--------|--------|-------|---------|
| Biotita granito | 333,22 | 315,86 | 15,16 | 57,28 |
| Moscovita granito | 32,00 | 26,51 | 2,944 | 19,62 |
| Albita-turmalina granito | 11,32 | 8,95 | 2,23 | 4,37 |
| Granito pegmatóide | 9,58 | 7,25 | 2,30 | 3,67 |
| | | | | THE CO. |

^{*} Inclui Eu

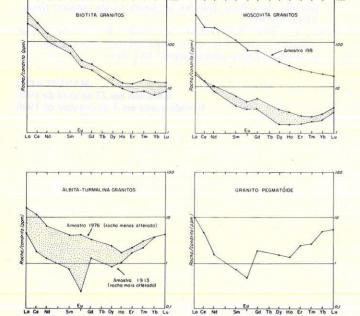


Figura 3 — Espectro de elementos de terras raras, normalizado para condritos. As áreas pontilhadas representam a faixa de variação mostrada pelos espécimes analisados. A amostra 198 (Moscovita Granito) é estritamente comparável ao padrão para biotita granitos, o que sugere um "congelamento" do processo de alteração

Discussão A distribuição dos ETR, representada na figura 3 e tabela 4, aponta para um fracionamento extremamente saliente dos ETRL (La a Sm) em relação aos ETRP (Gd a Lu), fato já observado por Taylor & Fryer (1983) nos granitos por eles denominados granófilos e interpretado como provocado pela atividade do F⁻ e/ou CO₃²⁻ nos fluidos mineralizantes, à medida que cresce a estabilidade dos complexos fluoretados e carbonatados de ETR, do La para o Yb. Ademais, esses autores mostram que minerais de greisens com Sn-W-Mo exibem o mesmo comportamento que os granitos granófilos.

Há um sistemático empobrecimento no conteúdo global dos ETR, quando se considera o sistema biotita granito-moscovita granito-albita-turmalina granito e granito pegmatóide, com os seguintes fatores de empobrecimento (mais acentuados para os ETRL):

| | ETR | ETRL | ETRP | |
|-----------------------------|-----|------|------|--|
| Biotita granito → Moscovita | | | | |
| granito | 10 | 12 | 5 | |
| Moscovita granito → Albita- | | | | |
| -turmalina granito | 3 | 3 | 1,3 | |

Fica patente que os ETR servem como sensíveis indicadores da evolução dos stocks congênitos de rochas graníticas da Região Coronel Murta-Virgem da Lapa, em termos de diferenciação e de alteração metassomática, como se exemplifica pelo fracionamento dos ETRP (ver relações La/Yb). Os biotita granitos, com relação La/Yb = 57,3, foram lixiviados hidrotermalmente transformando-se em moscovita granitos (La/Yb = 19,6), enquanto estes foram albitizados e turmalinizados (La/Yb = 6,8). O produto magmático de cristalização tardia (granito pegmatóide) tem La/Yb = 3,7 e seu empobrecimento em ETR, relativamente aos biotita granitos ou moscovita granitos, é semelhante ao dos albita-turmalina granitos, ainda que no total um pouco mais acentuado.

Os dados obtidos sugerem que os stocks graníticos se cristalizaram de um magma palingenético (derivado de fusão crustal), por diferenciação e injeção. Este magma reteve os elementos pesados (como Zr, por exemplo) até o estágio final de cristalização do biotita granito, que tem alto conteúdo de lantanídios, que ficariam incorporados a íons complexos e estáveis na presença de F⁻. A diferença em ETR nos diversos tipos de granitos é interpretada como provocada pelo efeito lixiviador dos fluidos magmático-metassomáticos.

O biotita granito, rico em ETRL, não exibe uma anomalia para Eu, o que pode ser atribuído aos elevados conteúdos de Ba e Sr na fusão, que evitariam a eliminação do mesmo durante a cristalização.

Os moscovita granitos têm conteúdo normal de ETRL e apresentam uma anomalia negativa para Eu. Como são rochas mais ricas em SiO₂ que os biotita granitos, seu nível geral de ETR é mais baixo.

Os albita-turmalina granitos e os granitos pegmatóides têm acentuada anomalia negativa para Eu.

A amostra 198 é de um moscovita granito com conteúdo significativo de biotita. Sua curva de variação dos ETR (Fig. 3), comparável aos biotita granitos, poderia significar um "congelamento" do processo de lixiviação metassomática dos ETR ou, ainda, a existência de porções restritas de granitóides moscovítico-biotíticos geneticamente mais próximos do magma original.

O padrão geral dos ETR e as anomalias para Eu servem como critérios para distinção entre produtos metassomáticos dos biotita granitos, de evolução mais acentuada. Eventualmente, poderão ser usados como critério prospectivo.

Os stocks graníticos da Região Coronel CONCLUSÕES Murta-Virgem da Lapa combinam certas características que os assemelham aos granitos da "Série Nanling" ou "Série I" dos geólogos chineses (ver, por exemplo, Wang et al. 1984), que são originados em sua maior parte por refusão crustal. O aspecto mais importante ligado a tal comparação prende-se ao fato de na China meridional esta série petrogenética também ser uma série metalogenética especial com ETR → Nb, Ta (Li, Rb, Cs), Be, Sn, W, Mo, Bi, As → Cu, Zn, Pb → Sb, Hg, U. A outra série reconhecida é a "Série Yangtsé" ou "Série II", cuja sequência mineralizada é: $Fe \rightarrow Cu (Au) \rightarrow Mo (W) \rightarrow Zn, Pb \rightarrow Pb (Ag).$ Resguarda-se, entretanto, a intenção de se apresentar uma simples comparação de caracterizações despojadas do intuíto de qualquer universalização que possa estar contida nas conceituações dos últimos autores citados.

O conceito de "série" dos autores chineses é descrito do modo seguinte: "Sob a influência de movimento de placas, o magma consangüíneo poderia produzir uma sequência de granitóides e variedades mineralizadas associadas a vários tipos de depósitos de minério no momento de sua formação e posicionamento. Esses granitos e sistemas de minério têm um desenvolvimento ligado a heranças e uma distribuição zonada no espaço e sequencial no tempo" (Wang et al. 1983, p. 295). Um dos critérios para distinção entre as duas séries é o esquema de distribuição de ETR.

As intrusões graníticas da Região Coronel Murta-Virgem da Lapa têm profundidades variáveis de posicionamento, o que é atestado pelos dados geológicos apresentados (Pedrosa Soares 1984), especialmente quando se analisam os resultados geoquímicos e, mais ainda, os resultados dos ETR.

A evolução magmática regional aponta para um rumo contínuo. Os ETR e outros elementos (W, Sn, Be etc.) foram removidos sob a agência dos metais alcalinos e dos componentes hiperfusíveis, em condições de acidez e alcalinidade crescentes. O progressivo enriquecimento em hiperfusíveis conduziu a uma taxa elevada de metassomatismo, produzindo a incorporação de Sn e Be, por exemplo, nos filões pegmatíticos.

Agradecimentos O autor júnior (A.C.P.S.) agradece ao CNPq pela bolsa de pesquisa que lhe vem concedendo, ao CPq-UFMG pelos auxílios financeiros à pesquisa e aos professores J.M. Correia Neves e O.H. Leonardos pelo apoio sincero e referências bibliográficas cedidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHAPPEL, B.W. & WHITE, A.J.R.) 1974 – Two contrasting

granite types. Pacific Geology, 8:173-174.

CORREIA NEVES, J.M.; MONTEIRO, R.L.B.P.; PEDROSA SOARES, A.C. — 1982 — Granitóides da Região de Coronel Murta, Minas Gerais, Brasil. I. Petrografia. In: CONGR. LATI-NOAMERICANO GEOL., 5, 1982. Actas..., Buenos Aires, Servicio Geológico Nacional, v. 2, p. 133-146.

DUTRA, C.V. – 1984 – Método para determinação de traços e subtraços de terras-raras em rochas por espectrometria de plasma (ICP) – Aplicação em petrogênese. In: CONGR. BRAS. GEOL., 33, Rio de Janeiro, 1984. Anais... Rio de Janeiro, SBG. v. 10, p. 4792-4805.

EVENSEN, N.M.; HAMILTON, P.J.; O'NIONS, R.K. – 1978 – Rare earth abundances in chondritic meteorites. Geochim. Cosmoch. Acta, 42:1199-1212.

ISHIHARA, S. - 1977 - The magnetite-series and ilmenite-series granitic rocks. Mining Geol., 27:293-395.

PEDROSA SOARES, A.C. – 1984 – Metamorfismo, granitogênese

e mineralizações associadas na região de Coronel Murta, NE de Minas Gerais, Brasil. Brasília (Dissertação de Mestrado, Departamento de Geociências da Universidade de Brasília). 171 p.

TAYLOR, R.O. & FRYER, B.J. – 1983 – Rare earth elements lithogeochemistry of granitoid mineral deposits. C.I.M. Bull., 76(860):74-84.

WANG, L.; ZHU, W.; ZHANG, S.; YANG, W. - 1983 - The evolution of two petrogeno-mineralization series and Sr isotopic data from granites in South China. *Mining Geol.*, 33(5):205-303.

WANG, L.; ZHU, W.; ZHANG, S.; YANG, W. - 1984 - The evolution of two petrogenesis mineralization series of granites in Southern China. *Geochemistry*, 3(1):1-13.

MANUSCRITO Recebido em 22 de abril de 1986 Revisão aceita em 3 de outubro de 1986