

O MACIÇO TRANSAMAZÔNICO DE PEDRA D'ÁGUA (ITABERABA, BAHIA): UM CHARNOKITO PERALUMINOSO DE FONTE CRUSTAL

Paulo César d'Ávila Fernandes - CPRM, Salvador

Ian McReath - Universidade de São Paulo, São Paulo

Gaston Giuliani - ORSTOM/Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques, Nancy, França

* Trabalho financiado pelo convênio UFBA-FINEP-PAICT-SME/SGM-Ba e pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

INTRODUÇÃO A origem metamórfica ou ígnea dos charnockitos é um problema clássico em petrologia (Martignole, 1979, Friend, 1985). Wilson (1960) acredita que características parcialmente ígneas de charnockitos são originadas por intrusão de "magma mushes", aos quais foi superimposto metamorfismo predominantemente térmico. Newton & Hansen (1983) propõe um modelo em que charnockitos são formados a partir de magmas graníticos relativamente secos, seguindo-se resfriamento lento e recristalização em profundidades altas, o que explicaria a raridade de texturas ígneas nestas rochas.

O estudo das mineralizações de Molibdênio (Fernandes, 1991) da Fazenda Pedra d'Água, a SW de Itaberaba (figura 1 de Fernandes et al., neste boletim de resumos), permitiu delimitar um corpo de hiperstênio-leucogranitos ("Charnockitos") mineralizados a Molibdênio e Urânio, com características de campo, petrográficas e geoquímicas marcadamente ígneas, de grande importância no contexto geológico e metalogenético local e regional.

ASPECTOS DE CAMPO O maciço de Pedra d'Água é um pequeno corpo elíptico, com eixo maior NNE-SSW, com uma área de cerca de 25Km² (figura 1 de Fernandes et al., neste boletim de resumos). As rochas do maciço são macroscopicamente muito semelhantes às suas encaixantes granulítico-charnockíticas. Critérios para delimitação do corpo intrusivo foram: volume de minerais ferromagnesianos; presença de enclaves de gnaisses aluminosos, de granulitos e ausência de enclaves máficos; morfologia, abundância e composição dos corpos pegmatíticos; presença de silicificação e de mineralizações de molibdenita.

PETROGRAFIA A fábrica e as texturas destas rochas são típicas de rochas metamórficas deformadas e recristalizadas em temperaturas altas, com altas taxas de deformação. O estiramento dos grãos, dando origem a lineações NNE-SSW, é produto de fluxo plástico intracristalino de alta T (Urai et al., 1986). A temperatura alta possibilita que processos de crescimento sintectônico de grão atuem, ao invés de haver cominuição (Jessel, 1988). A textura é panxenoblástica, podendo ser encontrados grãos reliquias ígneos.

A mineralogia inclui: Ortopiroxênio, xenomórfico, com tendência prismática, de pequeno diâmetro ou formando agregados grosseiros com textura poligonal. Ocorre também em nódulos simplectíticos a opx + gran + plag + qzo, que podem representar restos anatéticos. O K-Feldspato é o ortoclásio mesopertítico, total ou parcialmente invertido a microclínio; pode conter uma zonação ígnea, dada pela alternância concêntrica de camadas com diferente volume e granulação de material perítico. A mesopertita geralmente tem bordos de microclínio não pertítico, relacionados à recristalização em baixa T. O plagioclásio tem teor de anortita praticamente constante (An 17-19), e pode ocorrer sob forma de pequenos cristais subidiomórficos, prováveis reliquias ígneas incluídas na mesopertita. Alguns cristais de plagioclásio de granitos do bordo Leste do maciço são subédricos e têm hábito prismático, talvez representando também reliquias ígneas. Plagioclásio sódico ocorre como filmes intergranulares frequentemente mirmecíticos no bordo da mesopertita, com continuidade física e ótica com as lamelas de plagioclásio da mesopertita, sugerindo expulsão durante retrometamorfismo e/ou deformação da rocha. O quartzo é xeno-

mórfico, fortemente estirado. A biotita é diminuta, rara, e tem pleocroísmo em tons castanhos ou em verde - verde amarelado claro, quando intercrescida simplecticamente com o quartzo. A granada é xenomórfica, às vezes estirada segundo a foliação NNE-SSW, com inclusões de mesopertita, quartzo, plagioclásio e biotita. A cordierita foi detectada junto a concentrações de granada, ortopiroxênio e opacos, como grãos finos.

Como minerais acessórios ocorrem ainda: esfeno (raro), zircão, apatita, pirita, magnetita, hematita, molibdenita e uraninita. Clorita, bastitas, sericita, carbonato e epidoto são produtos de substituição de minerais de mais alta T. Em enclaves aluminosos ocorrem paragêneses a magnetita + espinélio verde zincífero + granada + plagioclásio + biotita + quartzo + mesopertita + molibdenita.

PETROGÊNESE Na gênese dos magmas que deram origem ao maciço de Pedra d'Água parece ter havido participação de processos de anatexia crustal, envolvendo rochas meta-sedimentares pelíticas e quartzo-feldspáticas meta ou peraluminosas, incluindo biotita ± hornblenda metagrauvacas, granitos, granodioritos, tonalitos ou equivalentes vulcânicas (Clemens & Vielzeuf, 1987). Esta asserção é baseada nas seguintes evidências: i) composição petrográfica, (ausência de termos intermediários e básicos, natureza dos minerais acessórios e de enclaves, Chappel & White, 1974; Lameyre & Bowden, 1982); ii) geoquímica dos elementos maiores e traços (La Roche et al., 1980; Debon & LeFort, 1982; Batchelor & Bowden, 1985; Liew et al., 1989); iii) presença de anomalias negativas de Eu e concavidades ao nível das Terras Raras pesadas, mesmo nos termos mais "primitivos" do maciço (Fernandes, 1991). iv) razões isotópicas iniciais de Sr ($R_0=0,7058$) altas para um magma extraído do manto no Proterozóico inferior (Fernandes et al., 1990).

Entretanto, em algumas amostras observa-se também um enriquecimento em álcalis que lhes confere uma natureza transicional calcialcalina - alcalina (Rickwood, 1989), e algumas amostras plotam no campo das séries monzoníticas, em diagramas modais QAP e em alguns diagramas químicos, o que poderia indicar: a) hibridação com um componente magmático de origem mantélica, subordinado em volume; b) líquidos gerados a partir de refusão de resíduos granulíticos félsicos (Collins et al., 1982, Whalen et al., 1987). Segundo Wendtlandt (1981), alta $P(CO_2)$ no ambiente anatético pode originar enriquecimentos em álcalis e sílica, com formação de granitos de tendência alcalina. A presença de inclusões fluidas conatas carbônicas no quartzo de granitos do maciço de Pedra d'Água (Giuliani & Fernandes, 1990, 1991) reforça esta possibilidade.

Alguns minerais do Maciço de Pedra d'Água têm sua gênese ligada à cristalização magmática, fato sugerido por relações texturais, enquanto outros podem representar resíduos anatéticos. Entretanto, não há dados microquímicos para testar o caráter residual, magmático ou mesmo metamórfico da maioria das fases presentes, e grande parte deles teoricamente é estável nas condições metamórficas das facies granulito e anfibolito.

As condições físicas na fonte dos magmas anatéticos poderiam ser condicionadas pela formação de ortopiroxênio residual em equilíbrio com a fusão anatética. Assim, as temperaturas podem ter variado de cerca de 740° C: 1) quartzo + biotita + plagioclásio + vapor => ortopiroxênio + líquido, Clemens & Wall, 1981) até cerca de 870° C, segundo a reação anidra: 2) biotita + quartzo + feldspato => orto/clinopiroxênio + granada/cordierita + feldspato + líquido, Clemens & Vielzeuf, 1987.

Considerando a existência de nódulos simplectíticos possivelmente restíctos, a hiperstênio + granada + plagioclásio + quartzo, as condições de anatexia poderiam corresponder àquelas da reação (2) acima. Estas temperaturas são compatíveis com aquelas obtidas por geotermometria em outros locais do Núcleo de Jequié (Barbosa et al., 1988).

A colocação e resfriamento do magma provavelmente se deram nas condições da facies granulito. Evidências para isso são: i) presença de texturas ígneas reliquias (Martignole, 1979); ii) colocação dos magmas em estruturas NW-SE, que nas encaixantes, são marcadas por paragê

neses de facies granulito, e a presença de ortopiroxênio nos granitos, em enclaves, nódulos e porções aplíticas do maciço podem indicar a manutenção das condições do facies granulito; iii) No Domínio Granulítico, as foliações NW-SE (Fn), quando cortadas pelas foliações Fn+1, de direção NNE-SSW, mostram substituições do tipo hiperstênio $\Rightarrow$ biotita. A biotita marca as foliações Fn+1 no maciço de Pedra d'Água, substituindo também o ortopiroxênio. Portanto a sucessão de eventos metamórficos parece ser a mesma nas encaixantes e nos granitos. iv) presença de inclusões fluidas conatas carbônicas em veios de quartzo de direção NW-SE, transpostos para direções NE-SW (Giuliani & Fernandes, 1991).

Recristalização metamórfica em grau alto (Winkler, 1977), provavelmente gera biotita e microclínio a partir de minerais de mais alta T durante a deformação Fn+1, que dá origem às estruturas NE-SW. Não foi possível, entretanto, discriminar a atuação ou não de metamorfismo de facies granulito anterior a este, e posterior à solidificação do maciço, fato teoricamente viável.

CONCLUSÕES O Maciço de leucogranitos a hiperstênio de Pedra d'Água é uma das raras ocorrências mundiais de charnockitos onde é possível reconhecer texturas ígneas. Estes granitos mostram analogias com aqueles descritos por Frisch (1987), e é possível que o Maciço de Pedra d'Água e os "equivalentes em facies granulito de granitos tipo S" descritas pelo último autor sejam as duas únicas ocorrências de rochas charnockíticas peraluminosas de origem crustal já relatadas. Além disso, torna-se ainda mais raro, quase uma "curiosidade geológica", por mostrar analogias com leucogranitos peraluminosos e mineralizados a Molibdênio e Urânio da cadeia herciniana da Europa (La Roche et al., 1980; Liew et al., 1989).

É possível ainda que grande parte das ocorrências de "diatexitos", "granulitos" e "charnockitos" da região de Itaberaba-Iaçú-Lagedo Alto-Milagres sejam na verdade corpos de granitos com características semelhantes às do Maciço de Pedra d'Água. Na região de Milagres, reconhecimento de campo em alguns destes corpos confirmaram sua natureza de granitos catazonais.

A identificação de hiperstênio-granitos de idade transamazônica, no limite Norte do Núcleo Arqueano de Jequié (Fernandes et al., 1990), indica que este foi afetado de maneira intensa pela ação do Cinturão Móvel transamazônico adjacente, proporcionando condições para a fusão parcial, com PH_2O < Pt , da crosta granulítica arqueana. Na região de Mundo Novo - Gavião, localizada no Cinturão Móvel Salvador - Curaçá, foram descritos granitos metamorfizados em alto grau sincrônicos à deformações tangenciais do orógeno Curaçá-Ipirá, datados em 2300-2100 M.a. (Campelo, 1991), que podem ser análogos ao maciço de Pedra d'Água e a outros corpos de granitos da região de Itaberaba, datados em 2150 20M.a. (Fernandes et al., 1990).

BIBLIOGRAFIA

- BARBOSA, J.S.F. The granulites of the Jequié Complex and Atlantic Coast mobile belt, southern Bahia, Brazil - An expression of Archean/Early Proterozoic plate convergence. Trabalho a ser publicado no livro sobre a conferência "Petrology and Geochemistry of Granulites and related Rocks", OTAN, Clermont-Ferrand, França, setembro, 1988.
- BATCHELOR, R.A., BOWDEN, P. Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters. *Chemical Geology*, 48: 43-55, 1985.
- CAMPELO, R. Geologia da Folha Pintadas. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos. Rio de Janeiro: DNPM-CPRM. 1991.
- CHAPPELL, B.W., WHITE, A.J.R. Two contrasting granite types. *Pacific Geology*, v.8, p.173-174, 1974.
- CLEMENS, J.D., WALL, U.J. Origin and crystallization of some peraluminous (S-type) granitic magmas. *The Canadian Mineralogist*, v.19, n.1, p.111-131, Feb. 1981.

- CLEMENS, J.D., VIELZEUF, D. Constraints on melting and magma production in the crust. *Earth and Planetary Science Letters*, v.86, p.287-306, 1987.
- COLLINS, W.J., BEAMS, S.D., WHITE, A.J.R. et al. Nature and origin of A-type granites with particular reference to southeastern Australia. *Contrib. Mineral. Petrol.*, v.80, p.189-200, 1982.
- DEBON, F., LE FORT, P. A Chemical Mineralogical classification of Common Plutonic Rocks and Associations. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences*, v. 73, p. 135-149, 1983.
- FERNANDES, P.C. d'A. *Geoquímica e Mineralizações de Molibdênio de Granitos e Charnockitos Transamazônicos: Itaberaba, Bahia*. Tese. (Mestrado). Universidade Federal da Bahia, 1991. 345p.
- FERNANDES, P.C. d'A., McREATH, I., LAFON, J.M. Uma idade transamazônica para o magmatismo, metamorfismo e deformação no bordo norte do Núcleo de Jequié (Itaberaba, Bahia). In: Congresso Brasileiro de Geologia, 36, 1990. Natal, Anais... Natal: SBG, 1990. p.1994-2006.
- FRIEND, C.R.L. Evidence for fluid pathways through Archean crust and the generation of the Closepet granite, Karnataka, South India. *Precambrian Research*, v.27, p.239-250, 1985.
- FRISCH, T. Granulite-Facies Analogues of I and S - Type Granitoids in the Northernmost Canadian Shield, Arctic Canada. ISGAM. Boletim de "Extended Abstracts". pg. 157.1987.
- GIULIANI, G., FERNANDES, P.C.d'A. Fluid Inclusions Associated with a Proterozoic Molybdenite-Bearing Hypersthene Granite in Bahia State, Brazil. Submetido a "*Lithos*". 1991.
- JESSELL, M.W. Simulation of fabric development in recrystallizing aggregates - II. Example model runs. *Journal of Structural Geology*, v.10, n.8, p.779-793, 1988.
- LA MEYRE, J.G., BOWDEN, P. Plutonic rock types series: discrimination of various granulite series and related rocks. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Amsterdam, v.14, p.169-186, 1982.
- LA ROCHE, H de. Granite's chemistry through multiectional diagrams. *Sciences de la Terre, Série Informatique Géologique*, n. 13, p. 65-88, 1979.
- LA ROCHE, H. de, STUSSI, J.M., CHAURIS, H. Les granites à deux micas hercyniens français. *Essais de cartographie et des corrélations géochimiques appuyés sur un banque de données. Applications Pétrologiques et métallogéniques*. *Sci. de la Terre*, v.24, p.5-121, 1980.
- LIEW, T.C., FINGER, F., HOCK, V. The Moldanubian granulite plutons of Austria: Chemical and isotopic studies bearing on their environmental setting. *Chemical Geology*, 76, p.41-55, 1989.
- MARTIGNOLE, J. Charnockite genesis and the Proterozoic crust. *Precambrian Research*, v.9, n.3/4, p.303-310, 1979.
- NEWTON, R.C., HANSEN, E.C. The origin of Proterozoic and Late Archean charnockites; evidence from field relations and experimental petrology. In: MEDARIS JR., L.G. (ed.). *Proterozoic Geology: Selected papers from an International Proterozoic Symposium*. *Is.l.l: Geological Society of America*, 1983. 315p. il. (GSA - Memoir, 161). p.167-178.
- RICKWOOD, P.C. Boundary lines within petrologic diagrams which use oxides of major and minor elements. *Lithos*, v.22, n.4, p.247-264, 1989.
- URAI, J.L., MEANS, W.D., LISTER, G.S. Dynamic recrystallization of minerals. *American Geophysical Union Monography*, v.36, p.161-199, 1986.
- WENDTLANDT, R.F. Influence of CO₂ on melting of model granulite facies assemblages: a model for the genesis of charnockites. *American Mineralogist*, v.66, p.1164-1174, 1981.
- WHALEN, J.B., CURRIE, K.L., CHAPPEL, B.W. A - type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contrib. Mineral. Petrol.*, v.95, p.407-419, 1987.
- WILSON, A.F. The charnockitic granites and associated granites of Central Australia. *Trans. Roy. Soc. S. Aust.*, v.83, p.37-76, 1960.

WHALEN, J.B., CURRIE, K.L., CHAPPEL, B.W. A - type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contrib. Mineral. Petrol.*, v.95, p.407-419, 1987.

WENDTLANDT, R.F. Influence of CO₂ on melting of model granulite facies assemblages: a model for the genesis of charnockites. *American Mineralogist*, v.66, p.1164-1174, 1981.

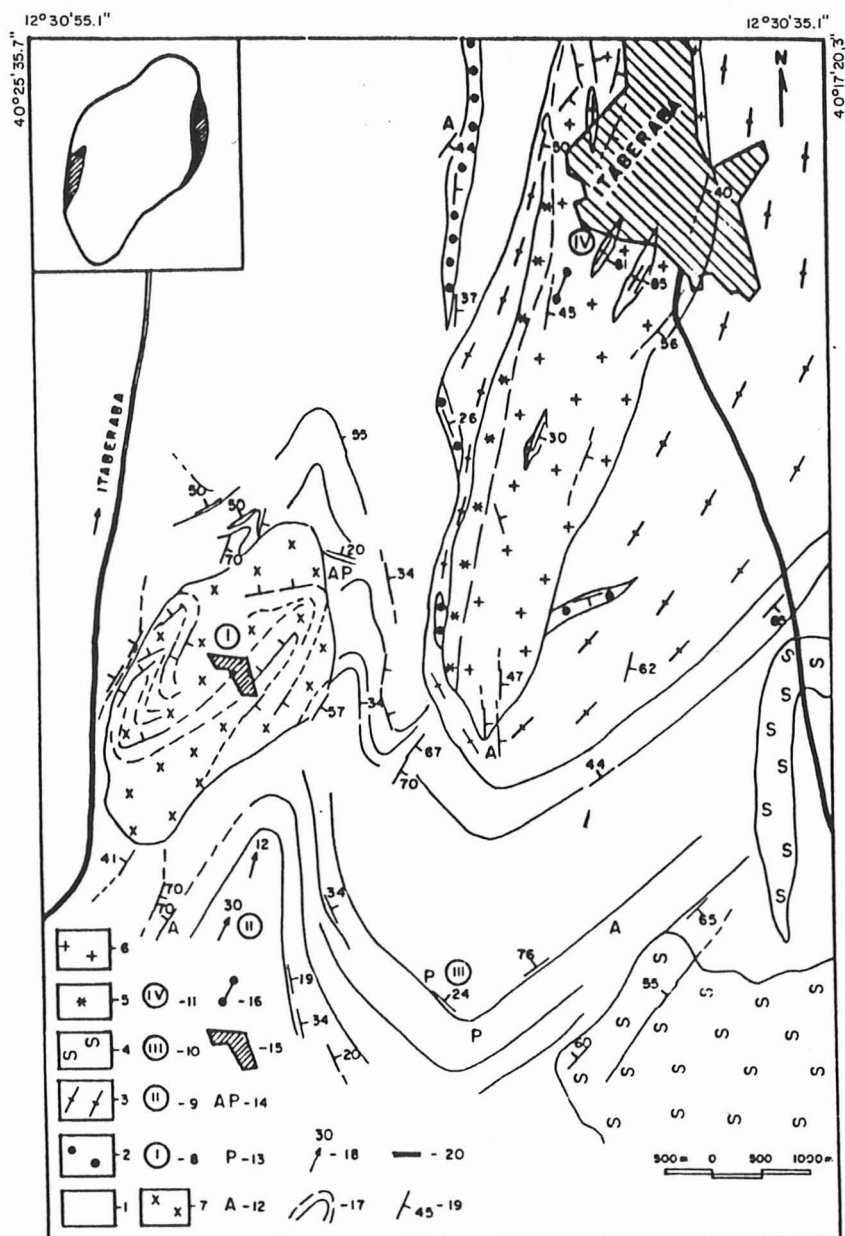


Fig. 1 - Mapa geológico da Região de Itaberaba, com as ocorrências de molibdenita. 1 - gnaisses granitoides; 2 - gnaisses bandados; 3 - gnaisses kinzigíticos; 4 - gnaisses hornblenda-biotita migmatíticos com intercalações anfibolíticas (Domínio Migmatítico); 5 - Maciço de Itaberaba; 6 - fácies fino a biotita + granada; 7 - fácies porfiróide a biotita; 8 - Maciço de Pedra d'Água; 9 - hipersthênio-(granada) granitos e aplo-pegmatitos. Ocorrências de Molibdenita: 10 - Fazenda Pedra d'Água; 11 - Fazenda Pedra d'Água Sul; 12 - Fazenda Lajedinho; 13 - Rio Piranhas; 14 - corpo aplítico; 15 - corpo pegmatítico; 16 - corpo aplo-pegmatítico; 17 - área mineralizada da Fazenda Pedra d'Água; 18 - dique aplo-pegmatítico; 19 - planos de foliação; 20 - lineação; 21 - atitude de foliação; 22 - estrada.