



Fases micáceas do maciço granítico da Serra Branca - Goiás: processos de alteração pós-magmática como modificadores do reequilíbrio cristaloquímico

C.V. Pinto-Coelho, E.M.G. Vasconcellos & C.H.N. Ferreira

Universidade Federal do Paraná – UFPR - Departamento de Geologia – LAMIR – Laboratório de Análises de Minerais e Rochas. Centro Politécnico, s/nº, Jardim das Américas. Caixa Postal 19.001, CEP 81.531-990 – Curitiba – PR – Brasil - cristinavpc@ufpr.br; eleonora@ufpr.br; caique@ufpr.br

Abstract In the Serra Branca Granite (SBG) at Goiás state, Brazil, four petrographic types are described according to the intensity of postmagmatic phenomena forming greisen and cassiterite mineralization: a) pink to grey porphyroid granite (g1a); b) grey to pinkish, medium to coarse-grained heterogranular granite (g1b); c) grey, medium to coarse-grained heterogranular granite (g1c) and d) grey medium-grained heterogranular granite (g1d). Apical greisens and micaceous veins occur. The mineralogy includes quartz, biotite, white mica, perthitic microcline and albite. The accessory are zircon, apatite, allanite, monazite and opaques (ilmenite). Albitization, greisenization and microclinization are the postmagmatic phenomena. The greisens are composed of quartz-white mica; topaz, fluorite, cassiterite, beryl, monazite, scheelite, graphite, sphalerite, zoisite, zircon, apatite, phenakite and opaques. The biotite is the only ferromagnesian phase and is classified in the domain of biotite associated with muscovite. Muscovite occurs in varying quantities: as dominant or as the only mineral in the rock. Three types are defined: a) of g1a, g1b and g1c granites; b) of g1d granites; and c) of greisens and micaceous veins. The white micas are ferriiferous, slightly magnesian and titaniferous, fluorited in median and not containing lithium. The phengitic (celadonic) substitution is represented in a) percentages of celadonite due the excess of silica in tetrahedral position; b) $Si + M^2$ versus total Al diagram ($Al^{VI} + Al^{IV}$); c) $Al^{VI} + Al^{IV}$ / Fet diagram (a.f.u.). The paragonitic substitution is between 2 and 5%. In the illitic substitution a decrease of interlayered cations is accompanied with the growth of tetrahedral Si.

Palavras-chave: micas, granito, hidrotermalismo, Goiás, Brasil.

Keywords: micas, granite, hydrothermal alteration, Goiás, Central Brazil.

INTRODUÇÃO Minerais micáceos constituem eficazes indicadores das condições físico-químicas vigentes durante sua cristalização e, como consequência das numerosas possibilidades de substituição química em sítios octaédricos, tetraédricos e em posição interfoliar, fornecem informações sobre a história evolutiva do magma a partir do qual se cristalizaram. No Maciço Granítico da Serra Branca (MGSB), localizado na porção N do estado de Goiás, na Província Estanífera de Goiás, ocorrem quatro tipos petrográficos distintos, identificados em função, sobretudo, da intensidade dos fenômenos pós-magmáticos que atingiram essas rochas e que foram responsáveis pela formação de greisens e de mineralização de cassiterita. São eles: a) granito rosa a cinza (**g1a**), heterogranular, porfiróide médio a grosso; aflorando na porção ocidental do maciço; b) granito cinza a róseo (**g1b**), heterogranular médio a grosso; c) granito cinza (**g1c**) heterogranular, médio a grosso e d) granito cinza (**g1d**) heterogranular, médio, ocorrendo na porção oriental do maciço. Ocorrem, ainda, greisens apicais e filões micáceos. A intensidade da deformação e dos

fenômenos pós-magmáticos cresce de W para E; a diferenciação magmática parece seguir a mesma direção. A mineralogia essencial das fácies graníticas está representada por quartzo, biotita, mica branca, feldspato potássico (microclínio perítico) e albite, onde as porcentagens modais de cada fase mineral variam significativamente em função da intensidade da alteração hidrotermal. Os minerais acessórios mais frequentes são: zircão, apatita, allanita, monazita e opacos (ilmenita).

Importantes variações observadas na composição modal e na assinatura geoquímica dos granitos do MGSB resultaram da atuação de fenômenos pós-magmáticos: albitização, greisenização (a mais desenvolvida) e microclinização. A greisenização oblitera inteiramente a textura da rocha original e é responsável pela formação de greisens maciços observados na porção oriental do MGSB. A composição mineralógica dos greisens é dominada pela associação quartzo-mica branca; topázio, fluorita, cassiterita, berilo, monazita, scheelita, grafita, esfalerita, zoisita, zircão, apatita, fenacita e opacos (sobretudo minerais de Cu e Fe) são minerais

acessórios e secundários frequentes. Filões micáceos orientados NS a N15-30°W associam-se, preferencialmente, ao granito glc e aos greisens; compõem-se de 95% de micas com granulação fina à muita fina e coloração esverdeada característica. Minerais acessórios são: quartzo, topázio, zircão, apatita, opacos e, mais raramente, epidoto e fenacita. Esses filões, assim como os greisens, são afetados por foliação sub-horizontal ou levemente inclinada para E (Pinto-Coelho 1996).

As micas dioctaédricas e trioctaédricas presentes em todas as fácies graníticas e greisens do MGSB foram analisadas à microsonda eletrônica CAMEBAX SX 50 da Université Henri Poincaré, em Nancy – França, com as seguintes condições analíticas: alta tensão a 15 kV, corrente a 10 nA, tempo de contagem sobre os picos de 10 segundos e de 5 segundos sobre o *background*. As fórmulas estruturais foram calculadas com base em 22 oxigênios (Fe como FeO₂).

RESULTADOS A biotita é a única fase mineral ferromagnésiana presente no MGSB, contrariamente ao que se observa em outros maciços da Província Estanífera de Goiás, onde o anfibólio pode ser encontrado (*e.g.* granito Serra da Mesa). No granito gla, essa mica apresenta-se em agregados contendo lamelas geralmente alongadas, automorfas a subautomorfas, com coloração verde a esverdeada ou, ainda, em placas isoladas na matriz da rocha. Essa mica não é encontrada no granito glc, à exceção de diminutos cristais subautomorfos inclusos em quartzo. Apresenta-se comumente cloritizada e/ou muscovitizada, com óxidos de Fe e Ti dispostos ao longo das clivagens. A biotita mostra-se geralmente homogênea ao longo do cristal (inexistência de zoneamento núcleo – borda) ou da amostra. Contrariamente, os teores em Fe, Mg, Al e Ti são variáveis entre as diferentes amostras de uma mesma fácies petrográfica, onde a heterogeneidade poderia corresponder tanto a diferentes estágios da diferenciação magmática, quanto a um reequilíbrio relacionado à alteração acentuada que exagerou ou mascarou as diferenças primárias entre as biotitas das distintas fácies petrográficas. Do ponto de vista global, a biotita do MGSB não apresenta grandes disparidades químicas, projetando-se no domínio da composição das biotitas associadas à muscovita, segundo a classificação de Nockolds (1947).

Todas as análises de biotita do MGSB comportam Al em posição octaédrica, sendo, assim, aluminosas. As lacunas octaédricas são a regra. No diagrama retangular que plota Al total *versus* Mg, os pontos agrupam-se segundo um *trend* pouco inclinado com relação ao eixo Mg, excetuando-se os termos mais

ferríferos (granito glc), distribuídos paralelamente ao eixo Al total, nos domínios dos granitos calcio-alcalinos a subalcalinos. As biotitas de cada fácies petrográfica (exceção daquelas do granito glc) posicionam-se segundo dois campos com Al total fracamente crescente e Mg extremamente variável, de acordo com a classificação sugerida por Nachit *et al.* (1985) (Fig. 1). Tal fato poderia corresponder à evolução própria de cada fácies, com os termos magnesianos menos evoluídos, mas que não é corroborado pelo comportamento do Ti, não correlacionável ao Mg. Essa dualidade no comportamento químico da biotita é certamente devida à alteração geral que, de maneira intensa, mas anisotrópica e heterogênea, modificou sua composição, essencialmente pela troca Fe \leftrightarrow Mg.

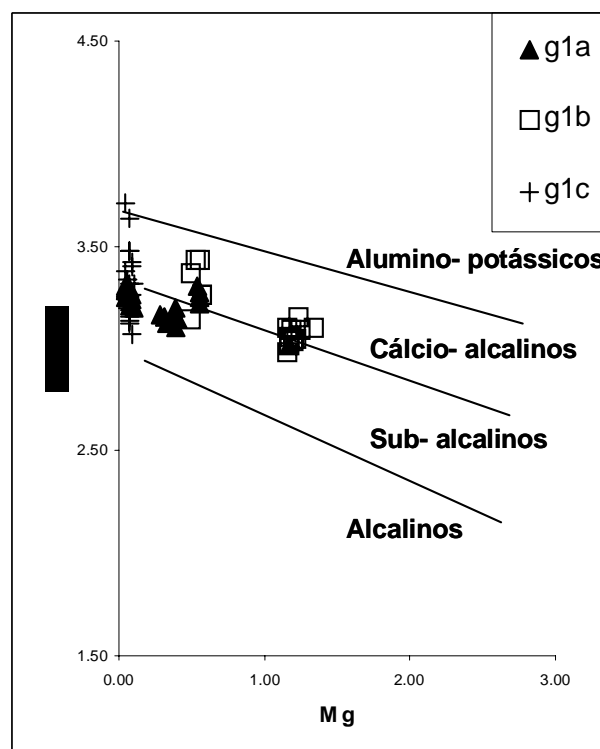


Figura 1. Diagrama Al total *versus* Mg (Nachit *et al.* 1985) para biotita do MGSB

Todas as amostras de rochas graníticas do MGSB contêm muscovita em quantidade variável, seja dominante, seja como único mineral predominante na rocha. Esses granitos são peraluminosos, logo apresentam Al em excesso com relação à razão estequiométrica do sistema haplogranítico (feldspato + quartzo). Os greisens apresentam apenas muscovita em sua composição mineralógica essencial.

As micas brancas, independente da rocha hospedeira (granitos ou greisens), apresentam grande variedade de hábitos: a) numerosas inclusões não orientadas em plagioclásios dos granitos, o que

contrasta com a quase total ausência em feldspatos alcalinos, primários ou tardios; b) no preenchimento de fraturas, frequentemente regulares em fenocristais de K-feldspato no granito gl_a e granito gl_b, o que poderia corresponder a fraturas de retração térmica; c) agregados de cristais subédricos associados ou intercrescidos com biotita, tendo comumente minerais ferruginosos ao longo de clivagens; d) as relações com o topázio do granito gl_d dão-se de maneiras distintas, seja sob forma de inclusões, no preenchimento de fraturas ou substituição; e) dispostas intersticialmente em todas as fácies petrográficas sob forma de lamelas em matriz quartzo-feldspática; f) nos greisens, constituem a mineralogia essencial. A cassiterita, quando presente, encontra-se fraturada, onde uma segunda geração de mica branca, orientada e com textura *crack seal*, solda os diferentes fragmentos; g) filões micáceos constituem-se de 95% de mica branca, seja marcando a xistosidade, seja secante à mesma, ou ainda encontra-se sob forma de inclusões em fenocristais de berilo.

Três tipos ou grupos petrográficos foram estabelecidos, independentemente de hábito, localização ou cronologia aparente: a) micas brancas dos granitos (gl_a, gl_b e gl_c); b) micas brancas do granito gl_d; e c) micas brancas dos greisens e filões micáceos. As variações geoquímicas não são importantes e, assim como para a biotita, são mais marcantes no interior de um mesmo grupo do que entre as diferentes fácies observadas. Globalmente, as micas brancas são ferríferas, fracamente magnesianas e titaníferas, medianamente fluoretadas (1 a 3% em peso) e não litiníferas (Li obtido por via úmida).

A substituição fengítica (celadonítica) nas micas brancas do MGSB exprime-se de maneiras distintas: a) em porcentagens de celadonita pelo excesso de sílica em posição tetraédrica: $Si(x) = Si - 6$ (para 22 oxigênios na fórmula estrutural); b) visualizada no diagrama $Si + M^{2+}$ versus Al total ($Al^{VI} + Al^{IV}$), (Fig. 2), com $M^{2+} = Mg + Fe_t + Mn$ (Fe_t considerado como Fe^{2+}). As correlações negativas são perfeitamente definidas, com coeficiente de correlação superior a 0,95. Contrariamente, as inclinações são diferentes: $-1,00 \pm 0,04$ para as micas dos granitos; $-1,17$ para as micas dos greisens (Fig. 3); c) estimada no diagrama $Al^{VI} + Al^{IV} / Fe_t$ (a.f.u.), que representa a parte do Fe na substituição fengítica. Define-se uma relação linear com inclinação variável: granitos gl_a, gl_b e gl_c (inclinação = $-0,49$) e granito gl_d (inclinação = $-0,54$) (Fig. 4), enquanto que para greisens a relação é preferencialmente do tipo exponencial (Fig. 5), o que poderia implicar que um outro elemento, além do Fe, estaria interferindo de maneira significativa nessa substituição.

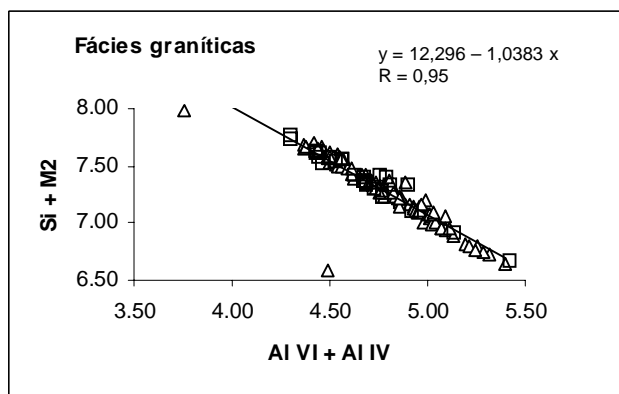


Figura 2. Diagrama $Si + M^{2+}$ versus Al total para micas brancas das fácies graníticas do MGSB. Os triângulos representam os granitos gl_a, gl_b e gl_c e os quadrados representam o granito gl_d

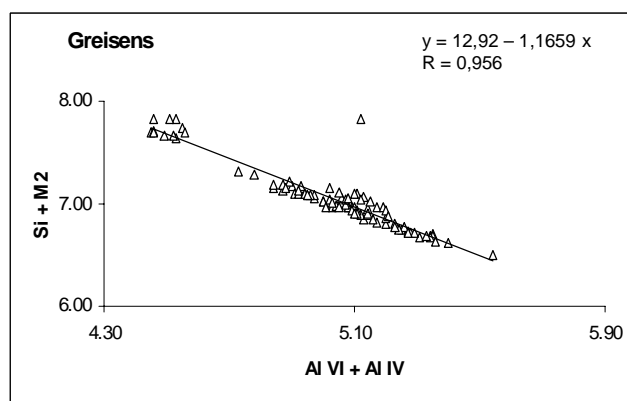


Figura 3. Diagrama $Si + M^{2+}$ versus Al total para micas brancas dos greisens

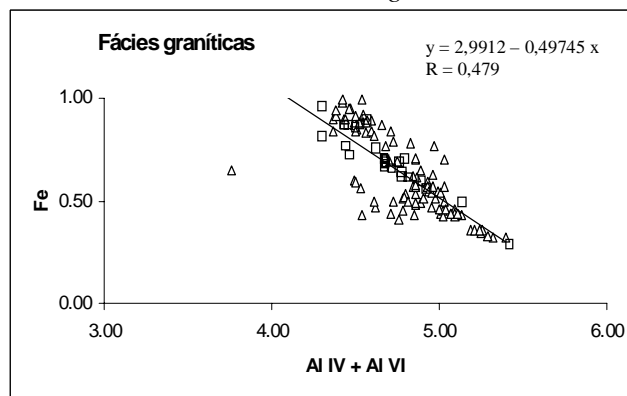


Figura 4. Diagrama Al total versus Fe para as fácies graníticas do MGSB. Símbolos como na Fig. 2

O exame das micas brancas mostra que a proporção de Na em posição interfoliar é secundária e bastante variável no interior de um mesmo grupo de micas semelhantes (fissuras, inclusões em plagioclásio, agregados com biotita, intersticiais, etc.). A substituição paragonítica (quantificada pela razão em porcentagem de $Na/(Na + K)$) encontra-se entre 2 e 5% (Pinto-Coelho 1996).

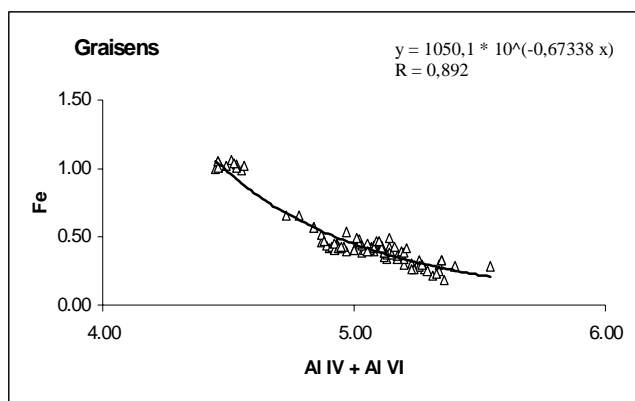


Figura 5. Diagrama Al total versus Fe para os greisens do MGSB

Na substituição íltica a diminuição dos cátions interfoliares é acompanhada pelo crescimento do Si tetraédrico, a expensas de Al^{IV} (Monier 1985). Certo número de análises mostra forte déficit em álcalis $X_{int.} = 1,50$ a $1,80$ sem que se note aumento significativo em Si. Duas análises de mica intersticial mostram-se quase desprovidas de álcalis sem que, entretanto, a razão Si^{IV}/Al^{VI} atinja aquela correspondente à pirofilita. Tal “lixiviação” dos álcalis poderia significar a expressão de alteração à baixa temperatura, conduzindo a termos argilosos “mais degradados”.

CONCLUSÕES A biotita é a única fase mineral ferromagnesiana presente no MGSB. Mostra-se geralmente homogênea ao longo do cristal

(inexistência de zoneamento núcleo – borda) ou da amostra. Contrariamente, os teores em Fe, Mg, Al e Ti são variáveis entre as diferentes amostras de uma mesma fácies petrográfica, onde a heterogeneidade poderia corresponder tanto a diferentes estágios da diferenciação magmática, quanto a um reequilíbrio relacionado à alteração hidrotermal intensa que exagerou ou mascarou as diferenças primárias entre as biotitas das distintas fácies petrográficas. A biotita mostra-se geralmente homogênea ao longo do cristal (inexistência de zoneamento núcleo – borda) ou da amostra. Do ponto de vista global, as biotitas do MGSB não apresentam grandes disparidades químicas, projetando-se no domínio da composição das biotitas associadas à muscovita (Nockolds 1947). Todas as análises de biotita do MGSB comportam Al em posição octaédrica, sendo, assim, aluminosas.

Em nenhuma das fácies graníticas, greisens ou filões micáceos associados ao MGSB foi identificada a presença de muscovita primária (magmática), de acordo com critérios texturais estabelecidos por Miller *et al.* (1981), Speer (1984), Bailey (1984) e Borodina & Fershtater (1988).

Independentemente do hábito, origem ou disposição textural, essas micas apresentam um caráter fengítico acentuado, sendo empobrecidas em Mg, Ti, Na e Li. Não foram observadas variações importantes no comportamento de micas brancas de granitos e greisens.

Referências

- BAILEY S.W. 1984. Classification and structures of the micas. In *Micas, Review in Mineralogy*, Washington, Mineralogical Society of America, **13**:1-12
- BORODINA N.S. & FERSHTATER G.B. 1988. Composition and nature of muscovites in granites. *Internat. Geol. Rev.*, **30**:375-381
- MILLER C.F., STODDARD E.F., BRADFISH L.J., DOLLASE W.A. 1981. Composition of plutonic muscovite: genetic implications. *Can. Mineral.*, **19**:25-34
- MONIER G. 1985. Cristallochimie des micas des leucogranites – Nouvelles données expérimentales et applications pétrologiques. Tese 3^{ème} Cycle – Nancy *Géol. Géochim. Uranium, Mém. Nancy*, **14**. 347 p.
- NACHITT H., RAZAFIMAHEFA N., STUSSI J.M., CARRON J.P. 1985. Composition chimique des biotites et typologie magmatique des granitoides. *C. R. Acad. Sci. (Paris)*, Sér II, **301**:810-818
- NOCKOLDS S. 1947. The relation between chemical composition and parageneses in the biotite micas of igneous rocks. *Amer. J. Sci.*, **245**: 401-420
- PINTO-COELHO C. 1996. *Evolution magmatique et hydrothermale du Massif granitique de Serra Branca - Etat de Goiás - Brésil: définition des processus d'altération post-magmatique en liaison avec les minéralisations en Sn, Be et F*. INPL, Tese de Doutorado. 271 p.
- SPEER J.A. 1984. Micas in igneous rocks. In *Micas, Review in Mineralogy*, Washington, Mineralogical Society of America, **13**:299-356.