

# CLASSIFICAÇÃO E PROSPECÇÃO DAS JAZIDAS PRIMÁRIAS DE ÁGUA-MARINHA

J.P. CASSEDANNE (\*) & J.N. ALVES (\*\*)

(\*) Departamento de Geologia UFRJ

(\*\*) Departamento de Recursos Minerais - SEIC - RJ

**Abstract** - The aquamarine-bearing pegmatites are generally thin, with poorly developed zoning. They are located in biotitic or porphyroblastic granitoids, kinzigites, gneiss and charnockites or in their vicinity, all being Precambrian in age. The pegmatites are divided in three types: one poorly differentiated with quartz, biotite and large K-feldspar crystals, where the graphic texture is well developed, one which contains a little albite and muscovite with regular zoning and one commonly druse with many albite and muscovite and a little rose quartz, lepidolite and Fe-Mn phosphate minerals. The pegmatites occur isolated or in fields, mostly hand-worked. Searching guides and typical minerals used in prospection are reported.

**Resumo** - Os pegmatitos portadores de água-marinha são geralmente delgados com uma zonização pouco marcada. Sempre de idade precambriana, eles estão encaixados ou nas vizinhanças de granitos biotíticos ou porfiroblásticos, kinzigitos, gnaisse e charnockitos. Geneticamente distingue-se três tipos de pegmatitos: um primeiro, pouco diferenciado com quartzo, biotita, grandes cristais de feldspato potássico onde a estrutura gráfica é bem desenvolvida; um segundo exibindo nítida zonização e contendo pouca albite e muscovita, e um terceiro tipo que contém frequentemente drusas com muito albite e muscovita, um pouco de quartzo róseo, lepidolita e fosfatos de ferro e manganês. Os pegmatitos ocorrem isolados ou em campos. Guias de pesquisa e minerais típicos ajudando a prospecção são descritos.

## INTRODUÇÃO

A água-marinha é provavelmente a pedra preciosa de cor que mais contribuiu para estabelecer a celebridade do Brasil entre os gemólogos e mineralogistas. Suas jazidas são numerosas, porém pouco conhecidas (Ferraz, 1929; Calmbach, 1930; Sinkankas, 1981). Berilos de tonalidade amarela, verde e marrom são algumas vezes associados à água-marinha. Parte desses berilos adquire outrossim, por tratamento térmico, uma cor azul estável e eles são também comercializados como água-marinha.

Todas as jazidas primárias brasileiras são do tipo pegmatítico. O berilo, geralmente com características industriais, é bastante comum nos campos de pegmatitos, porém somente poucos depósitos forneceram água-marinha com uma produção alcançando algumas centenas de quilogramas. O restante do berilo é vendido como minério em fragmentos

opacos ou translúcidos, muito fendilhados e com cores variadas.

Com a exceção de algumas jazidas localizadas na Paraíba e Rio Grande do Norte (Província do Nordeste ou da Borborema) e no Espírito Santo, todas as grandes jazidas primárias e secundárias de berilo gema concentram-se entre o Sul do Estado da Bahia e Sul de Teófilo Otoni (MG) e entre Coronel Murta (MG) e a extremidade SW do Estado de Minas Gerais (Província Pegmatítica Oriental de Paiva, 1946). As demais jazidas encontram-se geralmente abandonadas. O Norte do Estado de Minas Gerais é conhecido de longa data por suas gemas as vezes atingindo tamanho excepcional. No mapa (fig. 1) estão plotadas as jazidas e ocorrências visitadas e/ou citadas na literatura.

## CLASSIFICAÇÃO TIPOLOGICA DOS PEGMATITOS

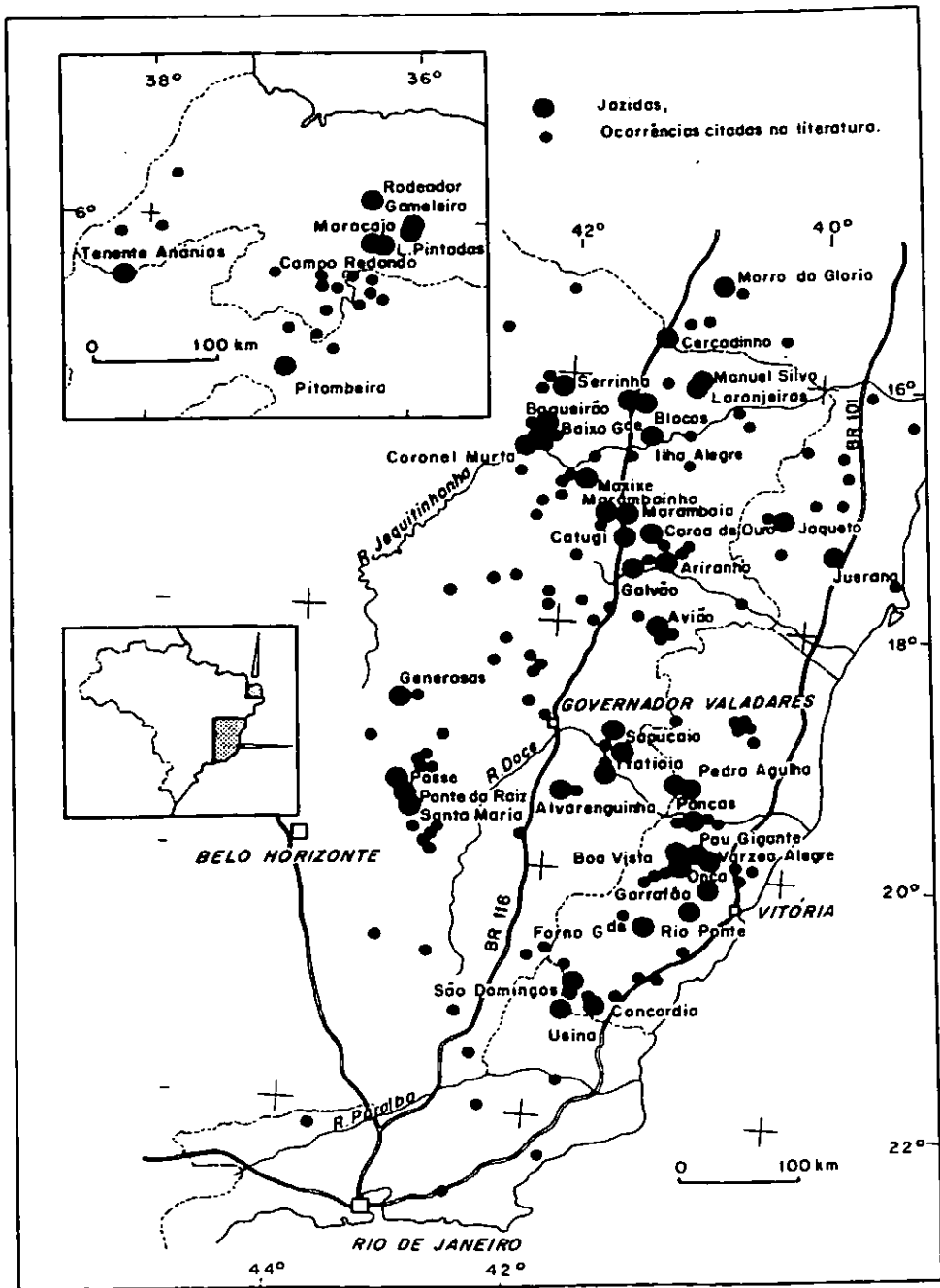


Fig. 1 - As jazidas de Água-Marinha

Afim de melhor entender as futuras descrições deve se ter em mente a evolução de um pegmatito, cristalizando-se a partir de um magma mais rico em elementos voláteis (a água sendo o mais importante, associada a F, B, CO<sub>2</sub> e P) e raros Be, Cs, Nb, Ta e Sn) do que o magma granítico primitivo (vide Vlasov, 1952; Shigley & Kampf, 1984). Notar-se-á que os pegmatitos com água-marinha são relativamente simples, zonados e pouco diferenciados enquanto que os pegmatitos com turmalina gema pertencem ao fim do processo evolutivo pegmatítico. Esse fato explica a velha observação de que água-marinha e turmalina gema não coexistem numa mesma mina.

Quase todos os pegmatitos com água-marinha estão encaixados em granitóides ou nas suas vizinhanças imediatas: granitos variavelmente gnáissicos de granulação fina, ora com biotita ora com fenocristais de feldspatos, assim como em kinzigitos, rochas do grupo dos charnockitos e em gnaisses. Essa localização tem um grande valor orográfico nas regiões onde a erosão recente foi importante, devido a arqueamentos e basculamentos, assim como ao abaixamento irregular do nível de base. O essencial das jazidas encontra-se no topo ou sobre os flancos íngremes de inselbergs em regiões onde a morfologia se caracteriza pela abundância de pães de açúcar (Província Oriental), e onde uma forte alteração química geralmente predominou sobre a alteração mecânica. As jazidas secundárias (eluvios e aluvios) se desenvolveram contemporaneamente à destruição das jazidas primárias, frequentemente caolinizadas. Ao contrário, no Nordeste, a erosão mecânica associada a um clima subdesértico não originou jazidas detriticas, deixando aflorar os pegmatitos inalterados.

Os pegmatitos produzindo água-marinha ocorrem isolados ou em campos. Os corpos isolados são de extensão (algumas dezenas a centenas de metros) e espessura (1 a 20 metros) variáveis. Os campos são constituídos por uma série de corpos, geralmente de tamanho reduzido, porém numerosos a muito numerosos (Tenente Anánias, Avião, Serrinha, Jaquetó). As direções e mergulhos são variáveis, modificando-se algumas vezes

rapidamente num mesmo corpo. A forma mais comum é a lenticular, localmente tabular (Nordeste). Os pegmatitos são concordantes ou discordantes com as rochas encaixantes estratificadas.

A partir da evolução paragenética já mencionada, pode-se distinguir os seguintes tipos de jazidas de água-marinha, do mais simples ao mais complicado.

### Tipo mais simples

É representado por pegmatitos geralmente delgados (1 a 2 metros de espessura), pouco zonados, essencialmente constituídos por quartzo e feldspato potássico com biotita (e localmente *schorl*). O núcleo é de quartzo leitoso maciço, em rosário, associado a grandes cristais de feldspato potássico, muitas vezes de cor rosa bastante viva. Uma zona com estrutura gráfica bem desenvolvida se estende do núcleo até a rocha encaixante. A muscovita aparece em pequena quantidade nos pegmatitos um pouco mais evoluídos, localmente associada às drusas atapetadas por cristais de quartzo (Lages Pintadas, RN). O corte de uma galeria da Lavra do Salomão (cota 640 metros, Jaquetó, BA), ilustrará esse tipo. O pegmatito é horizontal e observam-se do teto ao piso sobre 3,4 metros:

- Gnaise biotítico,
- Zona gráfica de granulação centimétrica,
- Zona com cristalização grosseira com feldspato potássico de tamanho decimétrico (1).
- Núcleo de quartzo leitoso maciço,
- Zona idêntica a (1) onde concentra-se a água-marinha,
- Zona gráfica com palhetas de biotita,
- Gnaise biotítico.

O feldspato potássico, em cristais chegando a alcançar até 1 metro de comprimento, é típico das jazidas desse tipo, assim como cristais de quartzo formados por 3 pirâmides. Estes últimos são comuns em toda a Província Oriental, faltando no Nordeste. A magnetita, exibindo lamelas de exsolução, em cristais de até 1 decímetro de diâmetro é também frequente (Lajinha, ES). A biotita ocorre em pequenos cristais ou longas ripas comumente ortogonais às rochas encaixantes. O *schorl* forma uma mirmequita com o quartzo

ou prismas de comprimento variável; localmente é muito raro. Além da água-marinha ocorrem também: morião localmente muito abundante, citrino (Pinheiro, MG; Jaquetó, BA), apatita (Lajinha, ES; Serrinha, MG) e granada. Esporadicamente aparecem ainda: ametista (Jaquetó), monazita (Mucaia, MG), hematita, siderita, manchas de cassiterita e/ou niobotantalita (Campo Redondo, RN), bismuto e seus produtos de alteração (Cercadinho, BA), fenactita (Pica Pau, MG), zircão e alguns minerais uraníferos (Mucaia).

Este tipo mais simples de pegmatito predomina no Nordeste onde exhibe formas tabulares de pouca espessura. A água-marinha frequentemente ocorre somente em pequenos "olhos" no berilo industrial azulado ou verde azulado (20 gramas de gema em 400 quilogramas de berilo na Fazenda Jacuri, RN).

### Tipo intermediário

Também zonado, apenas mais evoluído que o precedente, apresenta além dos constituintes essenciais já mencionados, muscovita que pode ser muito abundante (Maracajá, RN) e albíta, esta correspondendo a pequenos corpos de substituição. Além destes ocorrem pouca amazonita e/ou topázio incolor (Concordia, ES; Mucaia, MG) ou localmente, espodumênio (Pitombeiras, PB). O corte do pegmatito de Várzea Alegre (ES) ilustrará esse tipo. No pegmatito, vertical, espesso de 5 metros, nota-se de Norte a Sul:

- Granito com grandes fenocristais de feldspato,

- Zona gráfica com granulação centimétrica e palhetas de biotita perpendiculares ao granito (1),

- Zona de cristalização grosseira com cristais de feldspato potássico atingindo 0,5 metro de comprimento e drusas de albíta, quartzo e berilo azul [água-marinha em parte (2)],

- Núcleo de quartzo tectonizado: 2 metros,

- Idêntico a (2),

- Idêntico a (1),

- Granito com grandes fenocristais de feldspato.

Nas jazidas desse tipo, ao qual pertence a maioria das ocorrências da Província Oriental, o quartzo em tripirâmides é típico, ao contrário

do Nordeste. A água-marinha apresenta-se em cristais bem individualizados, automorfos ou corroídos, inclusos no quartzo e/ou feldspato ou em drusas associadas aos corpos de substituição. Os outros minerais presentes são: magnetita frequentemente abundante, morião em cristais chegando a atingir 1 metro de comprimento, pedra da lua (Avião, MG), granada, fluorita (Ariranha e Generosas, MG), *schorl*, zircão, bismuto e seus produtos de alteração, niobotantalita e diversos minerais metamíticos (Generosas).

### Tipo mais complexo

Caracteriza-se pela relativa abundância de albíta e de muscovita em grandes livros, quartzo róseo maciço bastante comum, pouca lepidolita e algumas vezes fosfatos de ferro e manganês. Como no tipo precedente, os pegmatitos mais evoluídos contêm drusas localmente abundantes.

Por comparação com os tipos precedentes, deve ser notada a deficiência em potássio, traduzindo-se pela quase ausência de feldspato potássico em grandes cristais. Observa-se também a ausência de magnetita, que não coexiste com fosfatos de ferro e manganês, e a abundância de quartzo, porém sem cristais em tripirâmides, assim como a muscovita em auréola em volta da biotita. A água-marinha é frequentemente corroída, dando indivíduos fusiformes ou esponjosos recobertos por albíta. Nesses pegmatitos se inicia a passagem aos corpos turmaliníferos desprovidos de berilo azul escuro.

### PROSPECÇÃO DOS PEGMATITOS

Do ponto de vista da prospecção os dois primeiros tipos de pegmatitos caracterizam-se pela presença constante de grânulos de magnetita, associados a romboédros de um carbonato pseudomorfoseado por goethita, frequentemente de biotita vermelho sangue variavelmente pulverulenta (Mucaia, Marambá, Ariranha, MG) e, de tripirâmides de quartzo na Província Oriental. Grandes cristais automórficos de feldspato potássico estão sempre presentes. A amazonita em grande quantidade não parece coexistir com a presença de água-marinha abundante

(Generosas). Os topázios associados são invariavelmente incolores (Concordia, ES; Catugi, MG). Não parece ocorrer crisoberilo nesse tipo de pegmatito.

O quartzo em tripirâmides é muito típico: uma pirâmide achatada na base, uma outra pouco inclinada na parte média e uma muito curta no topo. O conjunto, pela adjunção de formas vizinhas chega a imitar um barrilzinho. Esse quartzo é leitoso ou enfumaçado, com faces bastante estriadas perpendicularmente ao eixo c e frequentemente recoberto por um retículo de quartzo posterior. O tamanho dos cristais varia de alguns centímetros até 0,4 metros.

Em numerosas jazidas a biotita ocorre em grandes placas avermelhadas bastante típicas, formadas pela alternância de finas camadas de mica e de hematita micácea. Aquela transforma-se frequentemente em ocre vermelho.

Topograficamente sempre se observa um notável enriquecimento em berilo abaixo do núcleo dos pegmatitos subhorizontais (Jueraná, Jaquetó). Esse fenômeno pode ser devido: a uma distribuição diferencial dos fluidos causada pela dificuldade de uma migração para cima (processo inexistente nos corpos verticais), a um gradiente térmico diferente ou a uma diferenciação por gravidade.

Já foi observado desde longos tempos que os campos de pegmatitos com água-marinha são geralmente muito pobres a estéreis em turmalinas coloridas (Ferraz, 1929).

Atualmente a pesquisa das jazidas é realizada empiricamente, cavando-se sobre qualquer indicação superficial: gema sobre o solo ou descoberta após um acidente natural ou artificial, manchas de caulim (formigueiro, buraco de tatu, voçoroca, etc...) ou perto de grandes blocos de quartzo leitoso ou com algumas faces, testemunhos possíveis de um pegmatito parcialmente desmantelado. Algumas jazidas em rocha foram descobertas fortuitamente durante a escavação de poços lavrando eluviões.

Do ponto de vista regional a classificação tipológica precitada mostra uma evolução progressiva nas jazidas de água-marinha, do tipo mais simples a um mais complicado antecedendo os pegmatitos com turmalina

gema (e Morganita). Essa gradação é acompanhada por uma transição de corpos onde predomina o feldspato potássico a corpos onde a albita torna-se abundante, isto é: a uma fase potássica sucede uma sódica, associada à chegada de lítio. De cada lado dessa linhagem são conhecidos outros pegmatitos, porém quase que desprovidos de interesse gemológico: com muscovita e/ou feldspato precedendo geoquimicamente os pegmatitos gemíferos, e sucedendo, os pegmatitos litíferos. Essa evolução foi notada por diversos autores em outras regiões e serviu de base para estabelecer suas classificações (Fersman, 1931; Vlasov, 1952; Varlamoff, 1958; Ginzburg, 1955; Smirnov, 1977). Não é sempre fácil estabelecer um paralelismo com as classificações dos autores precitados, pois frequentemente eles tomaram a palavra berilo no seu sentido amplo e não somente como água-marinha.

Uma zonação local é observada em alguns campos produzindo água-marinha, como em Serrinha (MG) perto de Medina, onde uma zona central rica em quartzo com alguns minerais de lítio, fosfatos de ferro e manganês e relativamente pouco feldspato potássico é circundada por outra, onde os cristais gigantes de feldspato potássico predominam.

Uma zonação de escala regional observa-se na Província Oriental e pode orientar as pesquisas a grande escala: a zona turmalífera brasileira principal (Araçuaí-Governador Valadares) é envolvida a Leste e Sul pela zona produtora de água-marinha. Esta, por sua vez é novamente envolvida por uma larga faixa de pegmatitos quase sem gemas, produzindo essencialmente muscovita e feldspato, estirando-se da fronteira dos Estados de Espírito Santo e Minas Gerais para o Sul (fronteira dos Estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro - Pecora et al., 1949). Além, principalmente ao Sul e Sudoeste, os pegmatitos somente produzem feldspato (Menezes, 1982), como aqueles do Sul da Bahia. É possível que essa zonação de escala continental seja relacionada com grandes arqueamentos ou uma erosão mais demorada e ativa em certas regiões, as idades dos diferentes pegmatitos sendo vizinhas, pelo menos no estado atual dos conhecimentos.

Os granitos intrusivos aos quais estão

classicamente associados os pegmatitos gemíferos apresentam-se com estrutura: isotrópica (granodioritos; quartzo-monzonitos, tonalitos, dioritos) ou porfiroidal (granitos de granulação média a grosseira). Foram datados de  $540 \pm 60$  m.a. no Sul de Minas Gerais (Cordani et al., 1968),  $650 - 550$  m.a. na região de Conselheiro Pena (Barbosa et al., 1966),  $510$  m.a. na região de Araçuaí (Afgouni & Sá, 1977) e  $525 \pm 30$  m.a. a Coronel Murta (Soares et al., 1987). Os pegmatitos foram datados de  $450$  m.a. na região de Conselheiro Pena (Moura et al., 1978),  $490$  m.a. próximo a Araçuaí (Afgouni & Sá, op. cit.) e de  $500$  m.a. em Itinga (Soares et al., op. cit.). Eles são sempre considerados como pertencendo a fase final do ciclo tectônico Brasileiro, com "emplacement" nos granitos e suas rochas encaixantes ou, algumas vezes, levemente posteriores àquela fase. São assim contemporâneos dos pegmatitos gemíferos da África do Leste (Moçambique), de Madagascar e da Província Setentrional do Baikal (Cerny, 1982).

Não existem dados exatos relativos ao teor em gemas dos pegmatitos nem tão pouco de produção, que permitiriam ajudar na avaliação de novas jazidas, cuja descoberta é das mais prováveis.

## BIBLIOGRAFIA

- AFGOUNI, K. & SÁ, J.H. da S., 1977. Minério de lítio no Brasil. *Min. & Met.* Ano XLI, no. 392, p. 60-66.
- BARBOSA, A.L. de M.; GROSSI SAD, J.H.; TORRES, N.; MELO, M.T.V., 1966. Descrição do mapa preliminar do Médio Rio Doce. S.B.G., Publ. no. 2, Núcleo RJ, 12 p.
- CALMBACH, W.F. von, 1938. *Handbuch brasilianischer Edelstein und ihrer Vorkommen.* Medawar Ed., Rio de Janeiro, 220 p.
- CERNY, P., 1983. Anatomy and classification of granitic pegmatites, p. 1-39 in: *Granitic Pegmatites in Science and Industry*, P. Cerny Ed., Short Course Handbook, MAC, Vol. 8, Winnipeg, 555 p.
- CORDANI, H.G.; DELHAL, J.; GOMES, C.E.; LEDENT, D.E., 1968. Nota Preliminar sobre idades radiométricas em rochas da Serra dos Orgãos e vizinhanças (Leste de Minas Gerais e Estado do Rio de Janeiro). *Bol. Soc. bras. Geol.*, Vol. 17, no. 1, p. 89-92.
- FERRAZ, L.C. 1929. *Compêndio dos mineraes do Brasil em forma de Dicionário.* Imp. Nac., Rio de Janeiro, 645 p.
- FERSMAN, A.E., 1931. *Les pegmatites, leur importance scientifique et pratique.* Tome III: les pegmatites granitiques, p. 439-739. *Akad. Nauk SSSR, Leningrad.* Trad. R. du Trieu de Terdonk & Thoreau, Univ. Louvain, Uijstpruist Ed.
- GINZBURG, A.I., 1955. *Caractéristiques minéralo-géochimiques des pegmatites lithiques.* Acad. Sc. URSS, *Trav. Musée Min.*, Fasc. 7, p. 12-55.
- MENEZES, S. de O., 1982. *Catálogo dos principais pegmatitos do Estado do Rio de Janeiro.* *Bol. Técn.* no. 2, DRM, Secr. Est. Ind. Com. & Tur., 134 p.
- MOURA, O.J.M. de; FANTON, J.J.; ARIOLI, E.A., 1978. *Geologia da região de Galléa-Mendes Pimentel, Minas Gerais.* *Anais XXX Congr. bras. Geol.*, Recife, Tomo 1, p. 26-37.
- PAIVA, G., 1946. *Províncias pegmatíticas do Brasil.* *Bol. DNPM-DFPM*, no. 78, p. 13-21.
- PECORA, W.T.; KLEPPER, M.R.; LARRABEE, D.M.; BARBOSA, A.L. de M.; FRAYHIA, R., 1949. Mica deposits in Minas Gerais. *Geol. Invest. in the American Republics.* *Bull. USGS* no. 964C, p. 205-305.
- SHIGLEY, E. & KAMPF, A.R., 1984. Gem bearing pegmatites: a review. *Gems and Gemology*, Vol. XX, p. 64-67.
- SINKANKAS, J., 1981. *Emerald and other beryls.* Chilton Books, Radnor PA, 665 p.
- SMIRNOV, V.I., 1977. *Ore deposits of the USSR*, Vol. III. Pittman Publ., London, 442 p.
- SOARES, P.A.C.; MONTEIRO, R.L.B.P.; CORREIA NEVES, J.H.; LEONARDOS, O.H.; FUZIKAWA, K., 1987. Metasomatic evolution of granites, Northeast Minas Gerais. *Rev. bras. Geol.*, Vol. 17, no. 4, p. 512-518.
- VARLAMOFF, N., 1958. *Zonéographie de quelques champs pegmatitiques de l'Afrique Centrale et les classifications de K.A. Vlasov et J.A. Ginzbourg.* *Ann. Soc.*

Géol. Belg., Vol. LXXXII, p. 55-81.  
VLASOV, K.A., 1952. Classification des  
pegmatites granitiques d'après leur

texture et leur paragenese. Bull. Acad.  
Sc. URSS, Série Géol., no. 2, p. 30-55.  
Trad. 968 BRGM, Paris..

