

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa geológico da região de Galiléia (modificado de Vieira, 2000; Oliveira, 2002), ressaltando as áreas com agrupamentos pegmatíticos mais importantes. (A) Sapucaia do Norte, (B) Fazenda Boa Vista e, (C) Serra do Urucum.

Figura 2: Geologia e principais depósitos pegmatíticos da área de Sapucaia do Norte.

Figura 3: Geologia e principais depósitos pegmatíticos da área da Fazenda Boa Vista.

Figura 4: Geologia e principais depósitos pegmatíticos da área da Serra do Urucum.

Figura 5: Mapas de detalhamento de lavras representativas da região de Galiléia. (A) Boca Rica, (B) Boa Vista 1/Ênio e, (C) Urucum-GEOMETA

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Análises químicas comparativas (% em peso) sobre minerais fosfáticos selecionados da região de Galiléia. Minerais – 1) Arrojadita, 2) Barbosalita, 3) Childrenita-eosforita, 4) Faheyíta, 5) Frondelita, 6) Huréaulita, 7) Leucofosfita, 8) Lipscombita, 9) Montebrasita, 10) Moraesita, 11) Purpurita, 12) Roscherita, 13) Tavorita, 14) Trifilita. Lavras – (a) Sapucaia, (b) Boa Vista 1/Ênio, (c) Boca Rica, (d) Cigana, (e) Piano. Fontes – 1a, 2a, 4a, 5a, 6a, 7a, 8a, 9a, 10a, 12a, 13a, 14a (Lindberg & Pecora, 1958; Cassedanne & Baptista, 1999); 3b, 9b, 12b, 15b (Correia-Neves et al., 1980); 3e, 5c, 5d, 6c, 11c, 14e, dos autores. *Calculado para 100%, **Análises com microsonda eletrônica (médias de 8 pontos em cada), n.d. = não determinado

Tabela 2A: Relação alfabética das espécies minerais fosfáticas encontradas em pegmatitos representativos da região de Galiléia (lavras 1 até 8), em comparação com os pegmatitos da área próxima, entre Divino das Laranjeiras e Mendes Pimentel (lavras 9 até 13). (Observação: A relação continua na Tabela 2B).

Tabela 2B: Relação alfabética das espécies minerais fosfáticas encontradas em pegmatitos representativos da região de Galiléia (lavras 1 até 8), em comparação com os pegmatitos da área próxima, entre Divino das Laranjeiras e Mendes Pimentel (Continuação da Tabela 2A).

Tabela 3: Relação alfabética das espécies minerais não fosfáticas encontradas em pegmatitos representativos da região de Galiléia (lavras 1 até 8), em comparação com os pegmatitos área próxima, entre Divino das Laranjeiras e Mendes Pimentel (lavras 9 até 13). Albita, argilas, microclínio, muscovita, quartzo e turmalinas (elbaíta e schorlita) foram observados em todas as lavras.

Tabela 4: Análises químicas (% em peso) representativas de apatita (fluorapatita), coutinhoíta e stokesita amostradas na Lavra do Urucum, Galiléia. Análises 1-4, apatita (dos autores); análises 5-8, coutinhoíta (dos autores); análises 9-10, stokesita segundo Couper & Clark (1977); análises comparativas 11-14, stokesita de Cornwall (Inglaterra), localidade-tipo do mineral, segundo Couper & Clark (1977). *Calculado para 100% pela água, n.d. = não determinado.

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS FOSFATOS DA REGIÃO DE GALILÉIA (MG).

- NETTO, C.; ARAÚJO, C.; PINTO, C.P.; DRUMOND, J.B.V. **Projeto Leste – Província Pegmatítica Oriental, Relatório Final**. Belo Horizonte: COMIG/CPRM, 1998, 223p.
- OLIVEIRA, M.J.R. **Projeto Leste – Província Pegmatítica Oriental, Folhas Conselheiro Pena/São Gabriel da Palha**. Belo Horizonte: COMIG/CPRM, 2002, 185p.
- SCHOLZ, R. **Mineralogia fosfática dos pegmatitos do Distrito Pegmatítico de Conselheiro Pena, Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2002. 102p. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Univ. Federal de Minas Gerais.
- SCHOLZ, R.; KARFUNJEL, J.; COSTA, G.M. Pegmatitos do Distrito de Conselheiro Pena: classificação quanto à mineralogia fosfática primária. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 12, 2003, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto, SBG – Núcleo MG, 2003, p.67.
- SCORZA, E.P. Kunzita e hiddenita de Cuieté, município de Conselheiro Pena, Minas Gerais. **Mineração & Metalurgia**, v.8, n.41, p.333-334, 1944.
- SILVA, J.M.R.; LIMA, M.I.C.; VERONESE, V.F.; RIBEIRO Jr., F.; ROCHA, R.M.; SIGA Jr., O. **Folha Rio Doce SE.24 – Geologia..** Rio de Janeiro: Fundação IBGE, Projeto RADAMBRASIL, 1987, 172p.
- STRUNZ, H. Identität von Avelinoit und Cyrilovit. **Neues Jahrbuch für Mineralogie**, Monatsheft, p.187-189, 1956.
- SVISERO, D.P. Ocorrência de herderita no pegmatito Sapucaia, município de Galiléia, Minas Gerais. **Ciência e Cultura**, v.28, n.7, p.212, 1976.
- VIEIRA, V.S. **Projeto Leste – Província Pegmatítica Oriental, Folha Itabirinha de Mantena**. Belo Horizonte: COMIG/CPRM, 2000, 223p.

QUADRO 1 (DE PREFERÊNCIA COMO “ANEXO” AO FINAL DO TRABALHO)

- LINDBERG, M.L. & PECORA, W.T. Avelinoite, a new hydrous sodium phosphate mineral from Minas Gerais, Brazil. **Science**, v.120, p.1074-1075, 1954b.
- LINDBERG, M.L. & PECORA, W.T. Tavorite and barbosalite, two new phosphate minerals from Minas Gerais, Brazil. **American Mineralogist**, v.40, n.7, p.952-966, 1955.
- LINDBERG, M.L. & PECORA, W.T. Phosphate minerals from the Sapucaia pegmatite mine, Minas Gerais. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, v.7, n.2, p.5-14, 1958.
- LINDBERG, M.L.; PECORA, W.T.; BARBOSA, A.L.M. Moraesite, a new hydrous beryllium phosphate from Minas Gerais, Brazil. **American Mineralogist**, v.38, n.9, p.1126-1133, 1953.
- MANDARINO, J.A. & BACK, M.E. **Fleischer's Glossary of Mineral Species 2004**. Tucson: Mineralogical Record, 2004, 309p.
- MOORE, B.P. Pegmatite phosphates: descriptive mineralogy and crystal chemistry. **Mineralogical Record**, v.4, n.3, p.103-130, 1973.
- MOORE, B.P. & ITO, J. Kidwellite, a new species. **Mineralogical Magazine**, v.42, n.1, p.137-140, 1978a.
- MOORE, B.P. & ITO, J. I.-Whiteite, a new species and a proposed nomenclature for jahsite-whiteite complex series. II.-New data on xanthoxenite. III.-Salminsite discredited. **Mineralogical Magazine**, v.42, n.3, p.309-323, 1978b.
- MOORE, B.P. & ITO, J. Alluaudites, wyllieites, arrojadites: crystal chemistry and nomenclature. **Mineralogical Magazine**, v.43, n.3, p.227-235, 1979.
- MOURA, O.J.M. Depósitos de feldspato e mica de Pomarolli, Urucum e Golconda, Minas Gerais. In: Schobbenhaus, C. (Editor), **Principais Depósitos Mineraiis do Brasil, v. IV-B**, Brasília, DNPM/CPRM, 1997, p.363-371.
- MOURA, O.J.M.; FANTON, J.J.; ARIOLI, E.A. Pesquisa de pegmatitos na Serra do Urucum, Médio Rio Doce, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, 1978, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Geologia, 1978, v.4, p.1836-1850.

- FARIAS, C.C. Novas ocorrências de fosfatos na mina Sapucaia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29, 1976, Ouro Preto. **Resumos dos Trabalhos...** Ouro Preto: Sociedade Brasileira de Geologia, 1976, p.372.
- FRANSOLET, A.M. The eosphorite-childrenite series associated with Li-Mn-Fe phosphate minerals from the Buranga pegmatite, Rwanda. **Mineralogical Magazine**, v.43, n.12, p.1015-1023, 1980.
- HIRSON, J.R. Nota sobre os fosfatos de Sapucaia. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.37, n.3/4, p.471-475, 1965.
- HORVATH, M. & ATENCIO, D. Robertsita, mitriadita e cacoxenita no Pegmatito Sapucaia, Galiléia, Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 40, 1998, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, 1988, p.296.
- JAHNS, R.H. **The study of pegmatites**. Los Angeles: Institute of Technology, California, Contribution 754, 1955, 1130p.
- KARFUNKEL, J.; CHAVES, M.L.S.C.; BANKO, A.; IRRAN, E. Ernstite and eosphorite from Minas Gerais, Brazil. **Mineralogical Record**, v.28, n.6, p.489-493, 1997.
- LINDBERG, M.L. Frondelite and the frondelite-rockbridgeite series. **American Mineralogist**, v.34, n.3, p.541-549, 1949.
- LINDBERG, M.L. Relationship of the minerals avelinoite, cyrilovite and wardite. **American Mineralogist**, v.42, n.2, p.204-213, 1957.
- LINDBERG, M.L. Manganoan lipscombite from the Sapucaia pegmatite mine, Minas Gerais, Brazil, first occurrence of lipscombite in nature. **American Mineralogist**, v.47, n.2, p.353-359, 1962.
- LINDBERG, M.L. & MURATA, K.J. Minerals of Sapucaia pegmatite mine, faheyite a new beryllium phosphate. **Bulletin of the Geologic Society of America**, v.63, p.1275-1276, 1952.
- LINDBERG, M.L. & PECORA, W.T. Tavorite and barbosalite: two new phosphate minerals from Minas Gerais, Brazil. **Science**, v.119, p.739, 1954a.

- CASSEDANNE, J.P. & BAPTISTA, A. Famous mineral localities: the Sapucaia Pegmatite, Minas Gerais, Brazil. **Mineralogical Record**, v.30, n.5, p.347-360, 1999.
- CASSEDANNE, J.P. & CASSEDANNE, J.O. Minerals of the Lavra do Enio Pegmatite. **Mineralogical Record**, v.11, n.2, p.67-72, 1981.
- CASSEDANNE, J.P. & CASSEDANNE, J.O. Découverte d'un phosphate métamicté dans la pegmatite du Sapucaia, Minas Gerais. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.57, n.3, p.325-337, 1985.
- CERNY, P. Distribution, affiliation and derivation of rare-element granitic pegmatites in the Canadian Shield. **Geologische Rundschau**, v.79, n.1, p.183-226, 1991.
- CERNY, P. Rare-element granitic pegmatites. Part I: Anatomy and internal evolution of pegmatite deposits. In: Sheahan, P.A. & Cherry, M.E. (Editors), **Ore Deposit Models, Volume II**, Stittsville, Geoscience Canada, Reprint Series 6, 1993, p.29-47.
- CHAVES, M.L.S.C.; FERREIRA, J.A.; KARFUNKEL, J.; SCHOLZ, R.; BRANDÃO, P.R.G. Aspectos químicos e mineralógicos dos fosfatos gemológicos e de coleção da série eosforita-childrenita em pegmatitos de Minas Gerais e Rio Grande do Norte. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 11, 2001, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, SBG – Núcleo MG, 2001, CD-ROM.
- CORREIA-NEVES, J.M.; DUTRA, C.V.; KARFUNKEL, J.; KARFUNKEL, B.; QUEMENEUR, J.G.; PEDROSA-SOARES, A.C. Mineralogia e geoquímica do Pegmatito Ênio (Galiléia, Minas Gerais). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.52, n.3, p.603-616, 1980.
- COUPER, A.G. & CLARK, A.M. Stokesite crystals from two localities in Cornwall. **Mineralogical Magazine**, v.41, n.4, p.411-414, 1977.
- FANTON, J.J.; ARIOLI, E.E.; MOURA, O.J.M. Pegmatitos da região de Galiléia - Mendes Pimentel, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, 1978, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Geologia, 1978, v.4, p.1770-1781.

- ATENCIO, D.; CARVALHO, F.M.S.; MATIOLI, P.A. Coutinhoite, a new thorium uranyl silicate hydrate from Urucum Mine, Galiléia, Minas Gerais, Brazil. **American Mineralogist**, v.89, n.5/6, p.721-724, 2004a.
- ATENCIO, D.; COUTINHO, J.M.V.; GRAESER, S.; MATIOLI, P.A.; MENEZES FILHO, L.A. Lindbergite, a new Mn oxalate from Boca Rica Mine, Galiléia, Minas Gerais, Brazil, and other occurrences. **American Mineralogist**, v.89, n.7, p.1087-1091, 2004b.
- BARBOSA, A.L.M.; GROSSI-SAD, J.H.; TORRES, N. **Geologia das quadrículas de Barra de Cuieté e Conselheiro Pena, Minas Gerais**. Belo Horizonte: DNPM/GEOSOL, 1964, 285p.
- BARBOSA, A.L.M.; GROSSI-SAD, J.H.; TORRES, N. **Geologia da região do Médio Rio Doce**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia, Publicação 2, 1966, 10p.
- BERMANEC, V.; TOMASIC, N.; KNIEWALD, G.; SCHOLZ, R.; COSTA, G.M.; HORN, A.H.; KARFUNKEL, J.; MENEZES FILHO, L.A. Associação de burangaíta e brazilianita em pegmatito de Divino das Laranjeiras, Minas Gerais, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 42, 2004, Araxá. **Anais...** Araxá: Sociedade Brasileira de Geologia, 2004a, CD-ROM, Resumo 25-1009.
- BERMANEC, V.; TOMASIC, N.; KNIEWALD, G.; SCHOLZ, R.; COSTA, G.M.; HORN, A.H.; KARFUNKEL, J. Burangaite and brazilianite association from Divino das Laranjeiras, Minas Gerais, Brazil. In: INTERNATIONAL GEOLOGIC CONGRESS, 32nd, 2004, Florence. **Abstracts...** Florence, 2004b, Scientific Section, Part 1, p.215.
- BIRCH, W.D.; PRING, A.; SELF, P.G.; GIBBS, R.B.; KECK, E.; JENSEN, M.C.; FOORD, E.E. Meurigite, a new fibrous phosphate resembling kidwellite. **Mineralogical Magazine**, v.60, n.6, p.787-793, 1996.
- CASSEDANNE, J.P. The Urucum Pegmatite, Minas Gerais, Brazil. **Mineralogical Record**, v.17, n.5, p.307-314, 1986.
- CASSEDANNE, J.P. & ALVES, J. Crystallized rose quartz from Alto da Pitora, Minas Gerais, Brazil. **Mineralogical Record**, v.21, n.5, p.409-412, 1990.

Interessante ainda observar que, embora os pegmatitos de Galiléia estejam localizados bastante próximos daqueles de Divino das Laranjeiras (Linópolis) – Mendes Pimentel, seus aspectos mineralógicos são notadamente distintos. Nesta última área, além dos corpos em geral serem menores, apresentam certas espécies fosfáticas ausentes ou raríssimas em Galiléia, como brazilianita, scorzalita e, recentemente, foi descrita em um pegmatito de Linópolis a burangaíta (Bermanec et al., 2004 a,b). Essa assembléia mineralógica, incluindo a série childrenita-eosforita, é bastante similar com aquela do Pegmatito Buranga, de Ruanda (Fransolet, 1980), enquanto as presenças exclusivas de espodumênio, stokesita e sulfetos, e também uma diversidade muito maior de fosfatos secundários, tipificam os depósitos de Galiléia. Em suma, com o estudo da mineralogia fosfática primária e secundária, bem como seus relacionamentos, permitiu-se a identificação de diversos tipos de pegmatitos com base na constituição mineralógica, além de possibilitar a caracterização de modo integrado, das assembléias e paragêneses minerais raras envolvidas. A descrição de sete novos minerais somente nesses pegmatitos, e tal diversidade demonstrada, abre um campo largamente potencial para a descoberta de novos minerais na região.

AGRADECIMENTOS

M. Chaves deseja expressar seus agradecimentos à FAPEMIG – Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais, pela concessão de auxílio a Projeto de Pesquisa na região de Galiléia (Processo CRA 582/02). R. Scholz agradece à CAPES, pela bolsa de doutoramento concedida. D. Atencio agradece à FAPESP (Processo 2001/05171-0), pelos auxílios à pesquisa que levaram ao reconhecimento das novas espécies lindbergita e coutinhoíta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAKI, T. & MOORE, P.B. Fillowite, $\text{Na}_2\text{Ca}(\text{Mn},\text{Fe}^{2+})_7(\text{PO}_4)_6$: its structure. **American Mineralogist**, v.66, n.6, p.827-842, 1981.

ATENCIO, D. **Type mineralogy of Brazil**. São Paulo: Museu de Geociências IG-USP, 2000, 114p.

área estudada, pode-se admitir que a presença de minerais fosfáticos não está relacionada com o grau de fracionamento desses magmas. Assim, tanto os corpos com características mineralógicas de pegmatitos pouco diferenciados quanto os mais diferenciados, são portadores de fosfatos em quantidades apreciáveis. A ausência dessas fases como primárias em alguns pegmatitos, a existência de variadas paragêneses secundárias e a presença de minerais primários diretamente associados a minerais tardios como produtos de alteração, demonstram a existência de processos envolvendo metassomatismo e/ou hidrotermalismo. Em certos casos, essa alteração é responsável pela substituição parcial ou completa de minerais primários, como berilo e trifilita, com o surgimento de uma mineralogia fosfática diversificada e de composição química e estrutura complexas. Além de tais processos, a atuação de fatores externos como clima e presença de água superficial levaram à formação de minerais como produto do intemperismo, como moraesita e ernstita.

No estudo, demonstrou-se que os pegmatitos da região de Galiléia são corpos em geral potentes, principalmente de dois tipos: (a) com trifilita primária e seus fosfatos de alteração e, (b) com apatitas primária e secundária. O primeiro tipo relacionado inclui as lavras Boca Rica, Sapucaia (agrupamento Sapucaia do Norte) e Boa Vista 1/Ênio (agrupamento Fazenda Boa Vista), conforme as figuras 2 e 3. O pegmatito da Lavra da Cigana (também conhecido como Lavra do João), situado logo ao sul do mapa apresentado para o agrupamento Serra do Urucum (Figura 4), revelou também, conforme caracterizado, grandes semelhanças com esse tipo. No segundo tipo, incluem-se as lavras Urucum-GEOMETA (provavelmente também a Urucum-COMIG) e a Lavra do Orozimbo Coelho, do agrupamento da Serra do Urucum. Ao que parece, nessas últimas a proximidade com a intrusão granítica fonte da mineralização (Granito Urucum), propiciou apenas o aparecimento da apatita primária, e uma fase de alteração metassomática posterior gerou as apatitas secundárias. Nos exemplos mostrados, nas lavras Boca Rica, Sapucaia, Boa Vista/Ênio e Cigana, os corpos pegmatíticos estão associados à Formação São Tomé, denotando certo distanciamento do magma primário gerador. Nesses corpos aparecem principalmente a trifilita (primária) e abundantes fosfatos secundários gerados a partir de um estágio hidrotermal e/ou metassomático posterior.

PEGMATITOS NÃO PORTADORES DE FOSFATOS PRIMÁRIOS, COM PARAGÊNESES DE ALTERAÇÃO DA TRIFILITA

Do mesmo modo que os pegmatitos do grupo anterior, esses corpos sofreram processos de transformação, gerando uma paragênese secundária a partir da trifilita em corpos de substituição tardios. No grupo, destacam-se os pegmatitos da lavra do Piano (Tabelas 2 e 3), entre outras como Roberto e Osvaldo Perim (Divino das Laranjeiras), os quais possuem mineralogia fosfática complexa, com diversas fases secundárias de Li, Al, Fe, Mn, Ca e Na, além de abundantes óxidos/hidróxidos de ferro e de manganês, e siderita associados (também não se observaram pegmatitos desse tipo em Galiléia). Os principais minerais fosfáticos presentes são: litiofilita, reddingita, huréaulita, rockbridgeíta, eosforita, childrenita, ernstita e gormanita, segundo assembléias e paragêneses dos tipos:

- Eosforita + fluorapatita + hidroxihederita. Essa associação mineral é a mais comum observada no pegmatitos Piano e Roberto, onde cristais de eosforita (Mn-rica) encontram-se recobertos por agregados de fluorapatita e hidroxihederita;

- Eosforita + mineral do grupo da roscherita. Corresponde a cristais de eosforita (Mn-rica) com pequenos cristais de um mineral do grupo da roscherita, de coloração superficial verde clara;

- Eosforita + hidroxihederita. Essa paragênese inclui agregados cristalinos de hidroxihederita, sobrecrescidos na eosforita.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudos pertinentes (p. ex., Jahns, 1955; Cerny, 1991, 1993, etc.) têm mostrado que a composição química dos pegmatitos é resultado direto não só da composição original do magma gerador, como também do grau de fracionamento apresentado pelo fluido pegmatítico. De acordo com esses autores, considerando-se que rochas pegmatíticas pobres em elementos raros, como Li, Ta, Sn e Be, correspondam a corpos menos diferenciados, enquanto que os enriquecidos nesses elementos correspondam a corpos de alta diferenciação, com base na mineralogia dos pegmatitos da

de mineralogia complexa, portadores de inúmeros fosfatos secundários de Fe, Mn, Be e Li. Na categoria enquadram-se diversos corpos das proximidades de Divino das Laranjeiras/Mendes Pimentel, como Córrego Frio e João Bobim, cujas mineralogias completas constam nas tabelas 2 e 3 (pegmatitos deste tipo não foram encontrados em Galiléia). As principais assembléias e paragêneses com fosfatos presentes, particularizando o segundo caso, são:

- Albita + muscovita + brazilianita + hidroxihederita. Ocorre na forma de agregados de albita e muscovita como matriz para cristais de brazilianita, às vezes com agregados de hidroxihederita na superfície;

- Berilo + hidroxihederita + moraesita. A associação de minerais de berílio mostra nítida relação de substituição do berilo por hidroxihederita e moraesita, ocorrendo substituição parcial mas preservando a forma prismática hexagonal, caracterizando o pseudomorfismo;

- Hidroxihederita + carbonato-hidroxiapatita + cookeíta. Comum nos corpos de substituição tardios, onde cristais de hidroxihederita com até 8 cm, geralmente maclados, apresentam cristais de carbonato-hidroxiapatita junto a agregados milimétricos de cookeíta na superfície;

- Hidroxihederita + carbonato-hidroxiapatita + moraesita. Corresponde a cristais de hidroxihederita apresentando na superfície outros de carbonato-hidroxiapatita, ainda recobertos por cristais diminutos ou agregados disformes de moraesita;

- Carbonato-hidroxiapatita + moraesita (pseudomorfose sobre childrenita-eosforita). Cristais de carbonato-hidroxiapatita são recobertos por moraesita, que aparece substituindo a eosforita mas preservando ainda sua forma;

A autunita não foi observada nas paragêneses dos corpos de substituição, porém é encontrada em fraturas ou recobrindo superfícies de clivagem do microclínio. Assim, as relações de contato observadas entre as fases fosfáticas, apontaram para a seguinte seqüência geral de cristalização: fluorapatita, eosforita, brazilianita, hidroxihederita, carbonato-hidroxiapatita, moraesita e autunita.

Entretanto, Cassedanne (1986) descreve no local os fosfatos raros fosfuranilita e saleeíta (Tabela 2), os quais, juntamente com a uraninita (Tabela 3), constituem uma assembléia mineralógica uranífera típica para esse corpo. Do mesmo modo, foi recentemente descrito no local por Atencio et al. (2004a), um novo mineral de urânio, a coutinhoíta [$\text{Th}_x\text{Ba}_{(1-2x)}(\text{H}_2\text{O})(\text{UO}_2)_2\text{Si}_5\text{O}_{13}\cdot\text{H}_2\text{O}$, sendo $0 \leq x \leq 0,5$ e $0 \leq y \leq (2+x)$]. Nessa lavra, conforme já descritos, são também característicos os agregados cristalinos de um silicato raro, stokesita [$\text{CaSnSi}_3\text{O}_9\cdot 2\text{H}_2\text{O}$], estando as espécies anteriormente mencionadas relacionadas às seguintes assembléias:

- Microclínio + muscovita + weeksita + fosfuranilita + meta-uranocircita + uranocircita + coutinhoíta;

- Fosfuranilita + saleeíta;

- Albita + cassiterita + microlita(?) + stokesita.

A Lavra do Orozimbo Coelho, explotada para feldspato e berilo, parece também se encaixar nesse grupo. Ultimamente tal depósito tem se destacado pela produção de magníficas amostras de outro silicato raro, helvita [$\text{Mn}_4\text{Be}_3(\text{SiO}_4)_3\text{S}$], em cristais isolados, tetraédricos, de até 1 cm de lado, além de agregados cristalinos com quartzo, muscovita e albita. Trata-se da primeira ocorrência brasileira deste mineral.

PEGMATITOS NÃO PORTADORES DE FOSFATOS PRIMÁRIOS, COM PARAGÊNESES DE ALTERAÇÃO DA MONTEBRASITA

Os pegmatitos desse tipo, que não apresentam minerais fosfáticos primários, foram submetidos a intensos processos de alteração que os substituíram completamente (classe não incluída na subdivisão de Scholz, 2002). Assim, os fosfatos secundários presentes se relacionam à substituição da montebrasita, a exemplo das ocorrências de berillonita, fluorapatita, hidroxapatita, eosforita, hidroxiharderita e montebrasita pobre em flúor. Tais pegmatitos podem exibir uma mineralogia fosfática simples, como na Lavra do Sapo (próxima à localidade de Goiabeira, a nordeste da área estudada) incluindo apenas apatita e/ou hidroxiharderita, como também pegmatitos

•Frondelita + ferrisicklerita + purpurita. Correspondente ao produto de alteração da trifilita, forma blocos maciços pela seguinte seqüência de alteração: trifilita-litiofilita \Rightarrow sicklerita-ferrisicklerita \Rightarrow purpurita-heterosita.

Também da maior importância nesse mesmo grupo, a Lavra Boca Rica caracteriza-se por:

•Trifilita + rockbridgeíta + fosfosiderita. Inclui uma associação entre a fase primária e seus produtos de alteração, onde a rockbridgeíta e a fosfosiderita aparecem como intercrescimentos sobre a superfície da trifilita;

•Frondelita + fosfosiderita. Corresponde à paragênese mais comum do pegmatito, onde cristais milimétricos de fosfosiderita aparecem intercrescidos ou preenchendo cavidades na frondelita;

•Frondelita + mineral do grupo da roscherita. Ocorre em corpos de substituição; microcristais isolados desse mineral, são encontrados em meio a uma matriz de frondelita;

•Sicklerita + purpurita. Corresponde a uma seqüência de alteração da trifilita-litiofilita;

•Rockbridgeíta + vivianita. Observada como agregados maciços inseridos em microclínio, possivelmente correspondendo também ao produto de alteração de trifilita-litiofilita.

Ainda na lavra Boca Rica, foi recentemente descrito por Atencio et al. (2004b) um novo mineral, lindbergita $[\text{Mn}(\text{C}_2\text{O}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$, cuja assembléia completa pode ser assim descrita:

•Trifilita + fosfosiderita + frondelita + strengita + cyrilovita + bermanita + rockbridgeíta + huréaulita + tavorita + reddingita + heterosita + laueíta + lindbergita.

PEGMATITOS COM APATITAS PRIMÁRIA E SECUNDÁRIA

Nesses depósitos, Scholz (2002) considerou a apatita como o único mineral fosfático presente, ocorrendo tanto na forma primária como também, em alguns casos, nos corpos de substituição tardios (correspondente ao “grupo V” daquele autor). Como exemplo, na Lavra Urucum-GEOMETA, estudada em detalhe, a apatita está acompanhada por muscovita e microclínio, sem apresentar nenhuma relação paragenética aparente com outros minerais fosfáticos.

- Fluorapatita + hidroxihederita + manganosiderita. Os dois últimos ocorrem intercrescidos e sobrepostos à fluorapatita;

- Berilo + albita + hidroxihederita + moraesita. Cristais de berilo são parcialmente substituídos por albita, hidroxihederita e moraesita, esse último mineral compondo uma fina cobertura irregular ou como microagregados em forma de fibras radiais;

- Frondelita + mineral do grupo da roscherita. Microcristais desse último mineral, ocorrem inseridos em uma matriz rica em frondelita;

- Fluorapatita + berillonita. O primeiro aparece como inclusão na berillonita, ou formando agregados em cavidades da albita.

PEGMATITOS RICOS EM LÍTIO, COM TRIFILITA PRIMÁRIA

Os pegmatitos assim classificados são aqueles onde a trifilita é o principal mineral de lítio compondo a mineralogia primária (equivalentes ao “grupo III” de Scholz, 2002), como nos casos do pegmatitos das lavras Boca Rica, Sapucaia, Boa Vista/Ênio e Cigana (Galiléia), e na Lavra do Gentil (Divino das Laranjeiras), sendo o último também portador de triplita. Nesses corpos, a trifilita ocorre fazendo parte da mineralogia primária junto com microclínio e quartzo, estando associada a numerosos minerais de alteração, alguns destes de provável origem supergênica. Na Lavra da Cigana, foram observadas as principais paragêneses e assembléias:

- Trifilita + fosfosiderita. Corresponde a associação entre cristais de trifilita verde escuros, inseridos em microclínio e com as bordas alteradas para fosfosiderita;

- Litiofilita + reddingita + huréaulita. Ocorre como produto de alteração da trifilita e está presente em corpos de substituição tardios. Cristais de litiofilita apresentam reddingita e huréaulita na superfície e/ou em cavidades;

- Frondelita + litiofilita + huréaulita. A frondelita aparece recobrimdo corpos de cristalização tardia, e sobre este mineral ainda ocorrem litiofilita e huréaulita;

propositalmente, priorizando os pegmatitos com fosfatos primários). Em função do grande número de espécies minerais fosfáticas envolvidas, ao final do trabalho é apresentado em anexo uma relação completa desses minerais com suas composições químicas (Quadro 1), de acordo com Mandarino & Back, 2004).

PEGMATITOS RICOS EM LÍTIO, COM MONTEBRASITA PRIMÁRIA

Nesses pegmatitos, algo equivalentes ao “grupo IV” de Scholz (2002), a montebrasita aparece como principal mineral de lítio compondo a assembléia primária, como nas lavras do Telório e João Firmino, além de outras próximas das últimas como Pomarolli e Jove Lauriano (Divino das Laranjeiras), e possivelmente também na Lavra do Alto da Pitôrra, em Galiléia (Tabelas 2 e 3). A montebrasita em geral se associa ao microclínio, muscovita e quartzo, podendo ocorrer também nos corpos de substituição tardios constituindo paragêneses de alteração, onde aparece ainda associada a minerais de origem supergênica. Como exemplo, nas lavras do Telório e João Firmino ocorrem:

- Montebrasita (F-rica) + montebrasita (F-pobre) + eosforita. Cristais de F-montebrasita, geralmente apresentando marcas de dissolução, ocorrem junto a cristais de montebrasita pobre em flúor e cristais milimétricos de eosforita sobrecrescidos;

- Montebrasita (F-rica) + rockbridgeíta. Corresponde a montebrasita maciça, eventualmente com marcas de dissolução, recoberta por rockbridgeíta;

- Montebrasita + brazilianita + fluorapatita. A montebrasita (F-pobre) ocorre em corpos de substituição juntamente com brazilianita e fluorapatita, sendo que esses dois últimos se cristalizaram posteriormente à montebrasita;

- Fluorapatita + hidroxihederita + manganosiderita. Associação bastante comum no pegmatito Telório, nos corpos de substituição tardios a fluorapatita aparece intercrescida com hidroxihederita e manganosiderita, preenchendo pequenas cavidades ou fraturas na albita;

(D.A.) provaram que o material de Sapucaia provavelmente é um novo mineral (restudos a respeito estão em andamento), enquanto o da Lavra Boa Vista corresponde a greifensteinita.

ASSEMBLÉIAS E PARAGÊNESES MINERAIS REGIONAIS

Durante os processos de diferenciação magmática nos pegmatitos da região de Galiléia, permitiu-se o desenvolvimento de complexas e variadas assembléias minerais, a maioria delas envolvendo fases fosfáticas (Tabelas 2 e 3). A evolução geral da mineralogia dos fosfatos em pegmatitos envolve três etapas distintas (primária, metassomática e hidrotermal), que são responsáveis pela formação de assembléias e paragêneses específicas, ocorrendo em função da composição/temperatura do meio (Moore, 1973). Esta evolução vai depender tanto de fatores internos, como a composição química e mineralogia do ambiente primário, quanto de fatores externos, como a possível entrada de água meteórica. Assim, os fosfatos primários podem ser submetidos a processos de alteração com intensidades variáveis. Processos mais intensos são capazes de substituir completamente a mineralogia inicial, mascarando a paragênese primária do corpo, enquanto os de menor intensidade podem substituir parcialmente tal paragênese, ambas possibilitando o reconhecimento da evolução química do pegmatito.

Os pegmatitos inseridos no Distrito Pegmatítico de Conselheiro Pena, foram anteriormente relacionados a seis grupos distintos por Scholz (2002) e Scholz et al. (2003), em função de seus minerais fosfáticos (ou ausência dos mesmos): (I) pegmatitos sem fosfatos primários, (II) pegmatitos Li-pobres, com triplita, (III) pegmatitos Li-ricos, com trifilita, (IV) pegmatitos Li-ricos, com montebrasita, (V) pegmatitos com apatita, (VI) pegmatitos com monazita. Tendo por base tal classificação, serão caracterizadas as principais associações mineralógicas e, quando possível, as seqüências de cristalização encontradas nos pegmatitos da região de Galiléia, o que possibilitou a inserção das fases minerais raras/raríssimas nesse contexto. Os estudos de detalhe ora efetuados, permitiram ainda reconhecer algumas mudanças expressivas principalmente nos grupos I e II daqueles autores, conforme as descrições que se seguem (a ordem de apresentação foi modificada

(Moore & Ito, 1978b); arrojadita (Moore & Ito, 1979); johnsomervilleíta (Araki & Moore, 1981); augelita, berlinita, strunzita e um “fosfato metamítico” (Cassedanne & Cassedanne, 1985); robertsita, mitridatita e cacoxenita (Horvath & Atencio, 1998); laueíta, xenotímio-(Y) e monazita-(Ce) (Cassedanne & Baptista, 1999).

Hirson (1965), descreveu um fosfato de zinco não especificamente determinado em veios de trifilita, no Pegmatito Sapucaia, tratado por ele como “um novo fosfato”, “fosfato (b)” e “mineral (b)”. Análise espectrográfica revelou a presença de Zn, Fe e Mn. Os dados ópticos da literatura que mais se aproximam aos apresentados para o mineral são os da metaswitzerita. Em vista da ausência de dados de difratometria de raios-X e análises químicas quantitativas, nada se pode afirmar a respeito deste material. descreveram O mineral branco argiloso desconhecido substituindo rockbridgeíta, descrito por Moore & Ito (1978b) na mesma ocorrência, foi denominado “Mineral B”, apresentando padrão de difração de raios-X similar ao da kidwellita. Birch et al. (1996) sugeriram, apesar da inexistência de dados composicionais, a identidade entre este mineral e a meurigita. Cabe ressaltar que a ocorrência de meurigita já foi verificada na Lavra Proberil (Atencio, não publicado). Quanto ao “fosfato metamítico” referido por Cassedanne & Cassedanne (1985), este seria semelhante à johnsomervilleíta, descrita no local por Araki & Moore (1981), mas com estado de oxidação diferente e excesso de cálcio. Posteriormente, Cassedanne & Baptista (1999) passaram a tratar o mineral como johnsomervilleíta. Provavelmente, os dados químicos apresentados por Cassedanne & Cassedanne (1985) referem-se a uma mistura entre o último e outros minerais, pois foram obtidos por via úmida. De fato, novas análises por EDS acoplado a MEV foram agora realizadas e mostraram a associação entre johnsomervilleíta de composição semelhante à apresentada por Araki & Moore (1981) com outras fases.

O mineral que em geral era referenciado como “roscherita” na região de Galiléia, hoje se sabe que correspondem a diferentes espécies, tais como zanaziíta, greifensteinita ou espécies novas. Estudos de difração de raios-X e microsonda eletrônica, recém realizados por um dos autores

O nome lipscombite foi primeiramente utilizado para um material sintético de fórmula $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2$. O mineral “lipscombite com Mn”, descrito por Lindberg (1962) no Pegmatito Sapucaia, e outrora considerado o espécime-tipo, parece ser uma espécie diferente, nova, com Mn ou Fe^{3+} predominante sobre Fe^{2+} na primeira posição estrutural representada na fórmula. A fórmula empírica com base em $2(\text{PO}_4)$, é $(\text{Fe}^{3+}_{2,69}\text{Mn}^{2+}_{0,47}\text{Fe}^{2+}_{0,22})_{\Sigma 3,38}(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_{2,10}$. Conforme ressaltou Lindberg (1962), “a amostra analisada apresenta um excesso de Fe e Mn e uma deficiência em PO_4 e OH”. Ainda segundo esse autor, “a relação $\text{Mn}^{2+}:\text{Fe}^{2+}$ é maior que 2:1, mas um novo nome não é aqui proposto para o equivalente de Mn da lipscombite”. Em realidade, os resultados químicos obtidos nesta amostra não permitem decidir entre as fórmulas $(\text{Mn}^{2+},\text{Fe}^{3+},\text{Fe}^{2+})\text{Fe}^{3+}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2$ e $(\text{Fe}^{3+},\text{Mn}^{2+},\text{Fe}^{2+})\text{Fe}^{3+}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2$ para o mineral. Entretanto, é possível concluir que a fórmula difere de $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2$. Os padrões de difratometria de raios-X da lipscombite original (sintética) e do mineral de Sapucaia são virtualmente idênticos, mas os resultados químicos são muito pobres e assim uma fórmula adequada não pôde ser derivada (Atencio, 2000). A partir destas observações, a lipscombite-tipo passou a ser considerada o material de pegmatitos próximos a Domazlice, Boêmia (República Tcheca), descrito por Cech et al. (1961, segundo Mandarin & Back, 2004).

Alguns dos outros fosfatos identificados na lavra são: apatita, bermanita, childrenita, gordonita, heterosita, huréaulita, leucofosfita, fosfosiderita, montebrasita, “roscherita”, saleeíta, strengita, variscita e vivianita, somando-se a estes alguns fosfatos ainda não identificados (Lindberg & Pecora, 1958). Ferrisicklerita foi citada por Lindberg & Pecora (1955), mas não foi incluída no trabalho de revisão de 1958, anteriormente citado. O mineral descrito como “roscherita” por Lindberg (1958) apresenta dados químicos e ópticos que diferem dos da roscherita, tratando-se provavelmente de mais uma espécie nova, onde Fe^{3+} é predominante. Novamente, porém, como no caso da “lipscombite”, os resultados químicos não permitem deduzir a fórmula precisa do mineral. Acrescentam-se ainda dufrénita e “um fosfato de zinco não especificamente determinado” (Hirson, 1965); lazulita, sabugalita, rockbridgeíta, wardita e scorzalita (Farias, 1976); herderita, fosfuranilita e autunita (Svisero, 1976); “um mineral semelhante a kidwellita” (Moore & Ito, 1978a); jahnsita

medindo cerca de 1,5 m cada, dentro de um bolsão argiloso. Algo em torno de 3.000 kg de kunzita foram então produzidos, dos quais perto de 500 kg de material com excelente qualidade gemológica, o maior cristal pesando cerca de 2 kg. Juntamente, produziu-se também um pouco de cristais de espodumênios verdes (hiddenita) e amarelados (Cassedanne, 1986). Esta é uma das quatro ocorrências importantes de espodumênio kunzita no Brasil – as outras estão em Barra do Cuieté, também em Galiléia (Scorza, 1944), na Fazenda Anglo (Água Boa) e na Lavra do Jairo Lingüiça (Resplendor), todas aparentemente exauridas.

Em 1973, foi encontrado um novo “caldeirão” intensamente mineralizado, de formato cilíndrico medindo 2 m de diâmetro por 10 m de altura, com paredes atapetadas de albita, variedade cleavelandita (kunzita não apareceu neste local). Cerca de 30 kg de cristais finos de berilo morganita foram produzidos, algumas peças envolvendo agregados também cristalizados de elbaíta verde (verdelita), medindo até 25 cm. Na atualidade, a lavra tem se destacado pela produção de agregados cristalinos esféricos ou semi-esféricos de stokesita (muitos deles de perfeita simetria), desde milimétricos até 3 cm de diâmetro (Tabela 4). Constitui a única ocorrência brasileira deste mineral raro e a terceira a nível mundial (Couper & Clark, 1977). Entretanto o material brasileiro é significativamente superior, em tamanho e qualidade, aos outros já descritos. Novos estudos mineralógicos detalhados, feitos por pesquisadores da Universidade de São Paulo (e associados) levaram à descoberta e descrição na localidade de uma nova espécie mineral, designada coutinhoíta (Atencio et al., 2004a).

Tabela 4

DISCUSSÃO SOBRE OS FOSFATOS DA LAVRA SAPUCAIA

As espécies fosfáticas novas identificadas neste depósito, ora desativado (Figura 2), são: frondelita (Lindberg, 1949), faheyíta (Lindberg & Murata, 1952), moraesita (Lindberg et al., 1953), barbosalita e tavorita (Lindberg & Pecora, 1954a). A “avelinoíta” foi também descrita no local como uma espécie nova por Lindberg & Pecora (1954b), mas Strunz (1956) sugeriu a identidade entre este mineral e a cyrilovita, o que foi posteriormente confirmado por Lindberg (1957).

LAVRA URUCUM-GEOMETA

Na área da Serra do Urucum, duas lavras de maior porte se destacam (entre diversas outras de porte inferior), aqui designadas de Urucum-GEOMETA e Urucum-COMIG, em função de suas concessionárias de lavra (Figura 4). Ambas nitidamente se associam à intrusão do Granito Urucum, localizando-se nesta unidade, nas proximidades do contato com os xistos São Tomé. Atualmente, somente a primeira encontra-se em franca atividade exploratória, através de galerias subterrâneas visando explorar o corpo em maiores profundidades, sendo detalhada para estudos (Figura 5-C). O pegmatito Urucum-COMIG, teve seus principais aspectos econômicos ressaltados nos trabalhos da concessionária de lavra (Moura, 1997).

O pegmatito consiste de um corpo largo e lenticular, direcionado NW mergulhando fortemente para sudoeste. A rocha encaixante (Granito Urucum) possui neste local granulação fina, porém com largos fenocristais de K-feldspato sem orientação preferencial. Nítido zonamento caracteriza o corpo: uma estreita zona rica em schorlita está em contato abrupto com a parede granítica, seguida de uma zona granítica grosseira. Mais internamente ao corpo, ocorre uma zona com cristais feldspáticos gigantes contendo inúmeros corpos de substituição. Cerca de 10 toneladas de feldspato, massas de espodumênio, cristais de schorlita de até 1 m, grandes livros de muscovita e cristais finos de berilo já foram removidos de tal zona. Segundo Cassedanne (1986), no designado “nível 335” (cota de profundidade), massas irregulares de quartzo *fumé* foram encontradas em associação com uraninita e löllingita. O núcleo do pegmatito, visível no mesmo nível, consiste de quartzo leitoso em cristais gigantes de até 1 m de comprimento, alguns deles pesando várias toneladas.

O Pegmatito Urucum-GEOMETA, também conhecido como “Antiga Lavra do Tim”, é trabalhado desde o início da década de 1960 para minerais industriais, como muscovita, lepidolita, berilo e feldspato. Várias galerias foram então desenvolvidas, conectadas entre si por muitas câmaras. Em 1968, foi descoberta uma zona rica em espodumênio gemológico, cor-de-rosa (kunzita). Os cristais, muitos deles quebrados, ocorreram em abundantes massas interrompidas

serão complementadas com aquelas de dois principais trabalhos, baseadas em estudos na lavra quando em produção (Correia-Neves et al., 1980; Cassedanne & Cassedanne, 1981).

O pegmatito está inteiramente encaixado nos xistos São Tomé, constituídos por biotita, quartzo, muscovita, granada e plagioclásio. O corpo é lenticular, com 80 m de comprimento direcionado N40°W, mergulhando 65°NE. Sua espessura, embora bastante assimétrica, é de aproximadamente 10 m na zona do núcleo, sendo que essa zona ocupa cerca da metade da referida espessura. Em julho de 1977, Cassedanne & Cassedanne (1981) descreveram o seguinte zonamento na parte sudeste da lavra: (1) rocha encaixante; (2) zona grosseira de cristais centimétricos de muscovita, com alguns centímetros de espessura, (3) zona feldspática ($\pm 2,5$ m) cruzada por grandes agrupamentos cristalinos dendríticos de grafitonita, com agregados placóides de muscovita onde a schorlita forma inclusões também tabulares; (4) zona feldspática ($\pm 2,5$ m) com trifilita (primária) e fosfatos secundários, berilo industrial, até métricos e, localmente, aglomerações de amblygonita; (5) núcleo de quartzo, com berilo abundante em sua porção externa.

A Lavra Boa Vista 1, embora visasse principalmente feldspato e berilo (este último como sub-produto), possui na mineralogia fosfática a sua maior “atração”, tendo em vista a obtenção de espécies de coleção. Assim, no presente estudo foram reconhecidos: trifilita, sarcopsídio, heterosita, grafitonita, wolfeíta, arrojadita, berillonita, alluaudita, apatita, amblygonita(?), vivianita, ludlamita, rockbridgeíta, childrenita, fosfoferrita, fosfosiderita, roscherita(?), hidroxihederita, saleeíta, fosfuranilita, laueíta, cyrilovita, messelita, tavorita e whiteíta (análises por difração de raios-X também efetuadas no Laboratório de DRX da Escola de Engenharia – UFMG). Entre outros minerais observados no “bota-fora” da lavra, incluem-se quartzo, feldspatos, muscovita, berilo, turmalinas, siderita e argilas. No mesmo agrupamento dos corpos da Fazenda Boa Vista, inserem-se ainda as importantes lavras nos pegmatitos do Alto da Pitôrra (produtora de quartzo róseo cristalizado), descrita em detalhes por Cassedanne & Alves (1990), e do Orozimbo Coelho (produtora de helvita em agregados cristalizados) (Tabela 3).

Tabelas 1, 2a, 2b e 3

Através dos trabalhos de detalhamento, permitiu-se a definição da forma e características do corpo pegmatítico na Boca Rica (Figura 5-A). Esse corpo apresenta dimensões principais de 100 x 30 m, mostrando-se concordante com a foliação das rochas xistosas hospedeiras, de atitude local N65°W, 45°NE. Na lavra, uma grande cava central expôs a parte intermediária do pegmatito, onde diversas galerias largas e mal dimensionadas procuram acompanhar a “massa” feldspática dessa zona. Na porção interna desta última, junto ao núcleo de quartzo, agregados gigantes de pertita contém numerosos “livros” de muscovita, quartzo leitoso disseminado, além de cristais compridos e mal formados de berilo industrial. Potentes veios irregulares de trifilita verde-escuro (geração primária) aparecem nessa zona, com portes de muitas centenas de quilogramas. Albita junto com elbaíta e sulfetos ocorrem penetrando os agregados de trifilita não alterada. O processo de alteração desse mineral resultou em uma complexa paragênese de fosfatos secundários, tais como ferrisicklerita, fosfosiderita, frondelita, huréaulita, purpurita e reddingita (análises por difração de raios-X efetuadas no Laboratório de DRX da Escola de Engenharia – UFMG). A assembléia mineralógica desse corpo foi detalhada, além de serem realizadas análises químicas sobre certas espécies fosfáticas, conforme as tabelas 1, 2a e 2b.

LAVRA BOA VISTA 1 OU DO ÊNIO

O agrupamento da Fazenda Boa Vista, a leste do vilarejo de Laranjeiras, inclui numerosos corpos, sendo cinco deles próximos e localizados nas imediações da sede da fazenda (Figura 3). Desses corpos, somente um está em plena lavra (Boa Vista 4), porém seu atual proprietário não tem permitido estudos mais detalhados. Os estudos se concentraram então na mais conhecida das lavras, a Boa Vista 1 (também conhecida como Lavra do Ênio devido ao nome de seu ex-dono, Ênio Deniculli), a qual, apesar de desativada, apresenta ainda muito boas exposições preservadas (Figura 5-B). A importância desse pegmatito foi destacada somente no final da década de 1970, quando magníficos cristais de ludlamita e vivianita foram produzidos. As descrições de ordem mineralógica

na Formação São Tomé (Figura 3). Entretanto, de modo contrário, na Serra do Urucum os pegmatitos se relacionam às intrusões do Granodiorito Palmital e do Granito Urucum, embora também se coloquem na faixa de abrangência ou proximidades da Formação São Tomé (Figura 4).

Figuras 2, 3 e 4

DESCRIÇÃO DAS PRINCIPAIS LAVRAS

Em cada uma das áreas particularizadas no estudo (Figuras 2, 3 e 4), selecionou-se uma lavra em atividade para mapeamento detalhado feito com prancheta, trena e bússola, tendo em vista as melhores exposições, e também para a caracterização das assembléias minerais encontradas. Deste modo, são apresentados os mapas das lavras: (1) Boca Rica, do agrupamento Sapucaia do Norte, (2) Boa Vista 1 ou Ênio, do agrupamento Fazenda Boa Vista e, (3) Urucum-GEOMETTA, do agrupamento Serra do Urucum (Figura 5).

Figura 5

LAVRA BOCA RICA

Atualmente na área de Sapucaia do Norte duas lavras estão em plena atividade: Proberil e Boca Rica (Figura 2). Ambas produzem principalmente feldspato para fins industriais, tendo o berilo (também industrial) como sub-produto mais importante. A Lavra Boca Rica, além desses dois bens minerais, produz grande volume de fosfatos raros, que são comercializados como peças de coleção. A Lavra Sapucaia, ora desativada, é famosa por ser a localidade-tipo de cinco espécies minerais (ver próximo capítulo), tendo seus principais aspectos geológicos e mineralógicos destacados em diversos trabalhos (p. ex., Lindberg & Pecora, 1958; Hirson, 1965; Cassedanne & Baptista, 1999). Tanto a Lavra Proberil como a Boca Rica são confundidas na literatura com a Lavra Sapucaia, todas elas caracterizadas pelos minerais fosfáticos. Tal fato deve-se provavelmente à relativa proximidade das mesmas com o vilarejo de Sapucaia do Norte. Destaca-se que a Boca Rica se revela também como promissora ao encontro de novos minerais, conforme indicado pela recente descoberta da lindbergita no local (Atencio et al., 2004b).

discordantes e com poucos metros de espessura. Nas rochas xistosas, eles são particularmente médios a grandes, lenticulares e zonados, exibindo junto aos contatos diversas feições como turmalinização, feldspatização e muscovitização.

Atualmente, além dos minerais industriais (quartzo, feldspatos, micas e berilo), diversos minerais gemológicos e de coleção são extraídos nessas lavras. Entre os gemológicos, destacam-se as turmalinas (elbaíta e schorlita), granadas (almandina e espessartita), berilo (água-marinha e morganita), espodumênio (kunzita e hiddenita) e quartzo (hialino, fumê e róseo). Entre os de coleção, são principalmente comercializados os fosfatos incomuns ou raros, como frondelita, ludlamita, purpurita, vivianita, etc. A importância mineralógica da área pode ser ainda ressaltada no fato de que, apenas no Pegmatito Sapucaia, cinco novos fosfatos foram reconhecidos (barbosalita, faheyíta, frondelita, moraesita e tavorita), enquanto nos pegmatitos Boca Rica e Urucum-GEOMETA se descobriram outros dois novos minerais (lindbergita e coutinhoíta, respectivamente). Em 2004, nas proximidades de Galiléia diversos corpos estavam em lavra, representados nas figuras 2, 3 e 4. Mais ao norte, alguns outros corpos, em geral menores, localizados entre Divino das Laranjeiras (Linópolis) e Mendes Pimentel, são explorados para fosfatos de coleção, principalmente brazilianita, eosforita-childrenita e ernstita, conhecida no local como “monte-fumaçado” (Karfunkel et al., 1997; Chaves et al., 2001).

Em termos geográficos, foram reconhecidos três agrupamentos de lavras, os quais foram detalhados em relação aos seus aspectos geológicos, químico-mineralógicos e de assembléias/paragêneses minerais, a saber: Sapucaia do Norte, Fazenda Boa Vista e Serra do Urucum. Quanto aos seus aspectos geológicos, em Sapucaia do Norte os pegmatitos se concentram nas proximidades da localidade homônima, cortando litotipos da Formação São Tomé e aparentemente relacionados à intrusão do Tonalito Galiléia, que aparece balizando a oeste e a leste as rochas xistosas da referida formação (Figura 2). Na área da Fazenda Boa Vista, o Tonalito Galiléia aflora na forma de uma ferradura voltada para NNW e, de modo semelhante ao que acontece em Sapucaia do Norte, tal intrusão parece controlar a ocorrência dos pegmatitos inseridos

textura granular hipidiomórfica grossa a média composta de quartzo, plagioclásio, K-feldspato e biotita (principais), além de apatita, zircão e opacos (acessórios). Um dos agrupamentos pegmatíticos estudados, o da Serra do Urucum, relaciona-se estreitamente com esse tipo granitóide.

Granito Rapa

Denominado por Barbosa et al. (1964) como “Apogranito do Rapa”, constitui um corpo único e de forma irregular, na porção centro-leste da região, ao sul da localidade de São Geraldo do Baixio (Figura 1). Vieira (2000), o designou de “Granito do Rapa”, tendo como característica a topografia elevada em forma típica de pão-de-açúcar, intrudindo os xistos da Formação São Tomé. É um granito leucocrático, de granulação fina a média, observando-se (em amostras de mão) quartzo, biotita, muscovita, feldspato e granada. Ao microscópio, podem ser reconhecidos tipos diferenciados como biotita granito e muscovita granito, de texturas hipidiomórfica média, tendo como componentes essenciais quartzo, plagioclásio, K-feldspato e biotita/muscovita. Epidoto, apatita e zircão aparecem localmente como acessórios, em especial nos biotita granitos.

DEPÓSITOS PEGMATÍTICOS DE GALILÉIA – ASPECTOS DIAGNÓSTICOS

De acordo com Netto et al. (1998), os pegmatitos das imediações de Galiléia estão inseridos na Província Pegmatítica Oriental Brasileira, e suas divisões regionais/locais: Distrito Pegmatítico Conselheiro Pena e Campo Pegmatítico Galiléia – Mendes Pimentel. A maior parte deste campo se distribui na Folha Itabirinha de Mantena (1:100.000), segundo uma faixa alongada, grosseiramente orientada na direção sul-norte, entre as cidades de Galiléia e Mendes Pimentel. O Projeto Leste cadastrou 84 lavras no distrito (43 em atividade e 41 paralisadas ou abandonadas), correspondendo a garimpos ou minas em depósitos primários (Netto et al., 1998). Os corpos em geral estão encaixados nos biotita xistos da Formação São Tomé (Grupo Rio Doce), quase sempre concordantes com a foliação que varia desde sub-horizontal a subvertical, ou ainda, em menor parte, no Tonalito Galiléia, no Granodiorito Palmital e nas rochas graníticas, preenchendo fraturas

um corpo em forma de ferradura com eixo alongado N30°W é intrusivo nos xistos da Formação São Tomé. A oeste dessa estrutura ocorre um dos agrupamentos pegmatíticos enfocados, os da Fazenda Boa Vista. As rochas são de granulação média, coloração cinza-esbranquiçada, compostas de quartzo, feldspato, biotita, hornblenda e titanita, podendo ocorrer também granada. Em termos microscópicos mostram textura hipidiomórfica, granular, com quartzo, plagioclásios (oligoclásio e andesina), biotita e hornblenda, aparecendo microclínio raro. Os minerais acessórios incluem titanita, apatita, allanita, clinozoisita, zircão, leucoxênio e opacos. Entre os minerais de alteração, foram observados clorita, sericita, muscovita, carbonato, hidróxidos de ferro e argilominerais.

Granodiorito Palmital

O Granodiorito Palmital, também denominado por Barbosa et al. (1964) ocorre de modo restrito na área, a leste e sudeste de Galiléia (Figura 1). Em termos regionais, aflora sobre faixa mais extensa de direção norte-sul, possuindo uma topografia elevada e de forma alongada, fazendo contato brusco com as rochas xistosas (Formação São Tomé) que o encaixam (Vieira, 2000; Oliveira, 2002). É uma rocha leucocrática, apresentando foliação pronunciada dada pelas micas. Em termos macroscópicos, são identificados somente quartzo, feldspato e mica. Microscopicamente, a rocha possui textura granoblástica média a grossa, revelando (maiores) quartzo, plagioclásio, K-feldspato e biotita, além de (acessórios) titanita, zircão, monazita e opacos.

Granito Urucum

Barbosa et al. (1964) descreveram inicialmente este plutonito, ocorrendo na área em dois corpos principais, a leste de Galiléia, possuindo topografia elevada e de forma alongada segundo direção NW-SE, intrusivos na Formação São Tomé, Tonalito Galiléia e Granodiorito Palmital (Figura 1). Em termos macroscópicos, mostra-se como um granito porfirítico, leucocrático, ligeiramente foliado, com matriz de quartzo, feldspato, biotita e granada, envolvendo fenocristais de feldspato de até 3 cm. Ao microscópio, foi classificado como um sienogranito (Vieira, 2000), com

turmalina preta (em geral nas proximidades dos corpos pegmatíticos), além de sillimanita nas porções de estrutura gnáissica. A paragênese mineral dada por quartzo + biotita (titanífera), com granada, plagioclásio e estaurolita, denota condições de metamorfismo de fácies anfibolito baixo, zona da estaurolita, indicando um provável protólito de natureza pelítica, de plataforma marinha de águas mais profundas (Vieira, 2000).

PLUTONITOS TARDI- A PÓS-TECTÔNICOS

Numerosos corpos granitóides intrusivos ocorrem em toda região nordeste de Minas Gerais, embora suas relações temporais ainda não se encontrem perfeitamente definidas. Na área de estudo, afloram as unidades designadas de Tonalito Galiléia, Granodiorito Palmital, Granito Urucum e Granito Rapa. Relações e evidências de campo parecem mostrar que as duas primeiras unidades representam intrusões tardi-tectônicas e as duas últimas intrusões pós-tectônicas.

Tonalito Galiléia

A unidade foi assim denominada em função da cidade homônima por Barbosa et al. (1964), os quais ressaltaram: “o Tonalito Galiléia é intrusivo nos estratos metamórficos dos grupos Tumiritinga, Rio Doce e Crenacre, formando batólitos, *stocks*, soleiras e diques. Sua granulação é média, contrastando com a granulação fina de seus numerosos e típicos xenólitos máficos e xistosos”. De outro modo, Silva et al. (1987) a designaram de “Suíte Intrusiva Galiléia”, agrupando numa visão regional e petrograficamente mais ampla as rochas de Barbosa et al. (1964), bem como granodioritos e trondhjemitos que a elas se associam na região de Baixo Guandu, fronteira com o Estado do Espírito Santo. O relevo dessas rochas é marcante, possuindo formas abauladas a alongadas de cotas baixas, com altitudes médias entre 250-300 m, diferenciando-se das colinas ravinadas dos gnaisses da Formação Tumiritinga e do conjunto de morros bem ravinados da Formação São Tomé.

A oeste da região (Figura 1), a unidade aflora extensamente em faixa norte-sul passando por Galiléia, a nordeste da mesma nas imediações de Conceição das Laranjeiras e, na porção central,

A unidade aflora somente em pequena porção a nordeste da área enfocada (Figura 1), na forma de uma “língua” circundada pelas rochas granitóides designadas de “Tonalito Galiléia”, com a qual faz contato brusco. A seqüência é composta de biotita-sillimanita-granada-(grafita) gnaisses, sillimanita-biotita gnaisses e cordierita-sillimanita gnaisses, de coloração cinza-esbranquiçada e granulação média. Intercalações de rochas calcissilicáticas, bem como feições de milonitização e protomilonitização, ocorrem localmente. Segundo Vieira (2000), essas rochas foram metamorfizadas na fácies anfibolito alto, sugerindo como possível protólito um sedimento pelito-areno-carbonático depositado em ambiente de mar raso.

GRUPO RIO DOCE – FORMAÇÃO SÃO TOMÉ

Barbosa et al. (1966) designaram essa unidade como “Xistos São Tomé”, nome proveniente de um córrego que deságua no Rio Doce na parte sul da cidade de Galiléia, e também antigo nome da mesma cidade. Segundo aqueles autores, seus litotipos variam sob o ponto de vista estrutural desde xistos, *stricto sensu*, até xistos ditos “gnaissóides” e verdadeiros gnaisses. Na região estudada, a unidade aflora sobre estreita faixa sul-norte passando a leste de Galiléia em direção às cidades de Divino das Laranjeiras e Mendes Pimentel (fora da área) e, na porção central da mesma, desmembra-se numa faixa mais larga leste-oeste, em direção à localidade de São Geraldo do Baixio (Figura 1). De modo geral, apresenta morfologia de meias-laranjas, contrastando com os relevos realçados que caracterizam os complexos granitóides do Palmital e Urucum, dos pães-de-açúcar esculpados no Granito Rapa, e também dos relevos alçados-alongados com formas abauladas, típicos do Tonalito Galiléia.

A Formação São Tomé é encaixante da maior parte dos pegmatitos da área. Os contatos com todos os tipos granitóides supra-citados são bruscos e irregulares, muitas vezes ocorrendo xenólitos dos xistos encravados nos granitóides; entretanto, na maior parte da região tais contatos estão encobertos por rampas coluvionares sub-recentes. A associação litológica dominante é um quartzo-biotita-muscovita xisto, granatífero e com proporções variáveis de plagioclásios e, localmente,

QUADRO GEOLÓGICO REGIONAL

A geologia do campo pegmatítico de Galiléia, foi caracterizada nos projetos específicos da extinta empresa estadual METAMIG – Metais de Minas Gerais (resultados publicados em Fanton et al., 1978; Moura et al., 1978) e, recentemente, nas notas explicativas das folhas Itabirinha de Mantena e Conselheiro Pena, do Projeto Leste – COMIG/CPRM (Vieira, 2000; Oliveira, 2002). Nessa área afloram rochas pré-cambrianas metassedimentares xistosas e gnáissicas, de médio a alto grau metamórfico, as quais são cortadas por plutonitos ácidos tardi- a pós-tectônicos. Corpos de pegmatitos mineralizados, incluídos no designado campo pegmatítico Galiléia-Mendes Pimentel e alvos principais do presente trabalho, ocorrem geneticamente associados à intrusão desses plutonitos. Existem diversas propostas distintas a respeito da estratigrafia da região, inclusive quanto ao posicionamento dos corpos plutônicos. No trabalho, optou-se pela mais recente, aquela do relatório geral do Projeto Leste (Netto et al., 1998), onde se reconhecem litologias pertencentes às unidades (a) Grupo Rio Doce – formações Tumiritinga e São Tomé, (b) Plutonitos tardi- a pós-tectônicos e (c) Corpos pegmatíticos (não mapeáveis na escala adotada).

GRUPO RIO DOCE – FORMAÇÃO TUMIRITINGA

Na região de Galiléia, o Grupo Rio Doce inclui as formações Tumiritinga e São Tomé, consideradas equivalentes laterais. Rochas da Formação Tumiritinga foram inicialmente descritas em Barbosa et al. (1966) como “Grupo Tumiritinga”, então colocadas na base do Pré-Cambriano Superior. De outro modo, o Projeto Radambrasil – 1:1.000.000 (Silva et al., 1987) – incluiu as mesmas rochas ao norte do Rio Doce no “Grupo São Tomé” (base do Proterozóico Superior) e ao sul deste rio no “Complexo Paraíba do Sul” (topo do Proterozóico Inferior). O Projeto Leste posicionou a unidade na base do “Grupo Rio Doce” e a interpretou como uma equivalente lateral da “Formação São Tomé”, apresentando grau metamórfico mais alto (Netto et al., 1998).

with primary triphylite, (3) pegmatites with primary and secondary apatite, (4) pegmatites without primary phosphates, with paragenesis from the montebasite alteration, and (5) pegmatites without primary phosphates, with paragenesis from the triphylite alteration. Based on such mineral assemblages, some non phosphatic rare and very rare minerals (eg., stokesite, helvite, lindbergite, coutinhoite, etc.) that occur in this region are also characterized.

Keywords: Pegmatite, Oriental Pegmatitic Province, Mineral paragenesis, Galiléia.

INTRODUÇÃO

A cidade de Galiléia localiza-se no vale do Rio Doce, nordeste de Minas Gerais, a leste de Governador Valadares e próxima à divisa com o Espírito Santo (Figura 1 – em destaque acima à direita). A região está inserida na Província Pegmatítica Oriental Brasileira, mundialmente famosa pelo encontro de minerais gemológicos e/ou raros, e também de minerais excepcionais destinados a colecionadores. Neste contexto, o campo pegmatítico compreendido entre as cidades de Galiléia, ao sul, e Mendes Pimentel, ao norte, ainda se destaca pelo fato de que, das 47 espécies minerais descritas a partir de amostras oriundas do Brasil, 12 delas são de lavras desta área, 7 somente em depósitos nas imediações de Galiléia (barbosalita, faheyíta, frondelita, moraesita, tavorita, coutinhoíta e lindbergita).

Não obstante a esses fatos, os pegmatitos que ocorrem na região são ainda relativamente pouco conhecidos em termos geológicos e, principalmente, quanto às suas características mineralógicas. Os trabalhos de campo desenvolvidos em Galiléia levaram à identificação de três setores do campo pegmatítico onde os corpos mais importantes estão agrupados. Sobre tais áreas, realizou-se o cadastramento das lavras (ativas e desativadas), foram contextualizados seus aspectos geológicos e, também, identificadas as assembléias e paragêneses minerais presentes, tomando como base espécies fosfáticas diagnósticas. Como parâmetro de comparação, procurou-se ainda relacionar dados quanto a mineralogia dos pegmatitos da região próxima (ao norte), entre Divino das Laranjeiras e Mendes Pimentel, cujo volume de conhecimentos é notavelmente superior.

RESUMO

A região de Galiléia é conhecida mundialmente pelo encontro periódico de minerais raros e/ou de coleção, originados de corpos pegmatíticos que se relacionam geneticamente a cúpulas graníticas brasileiras (550-500 Ma), intrusivas em rochas xistosas e gnáissicas de idades ainda não determinadas. Três áreas geograficamente características foram identificadas, onde se agrupam os depósitos pegmatíticos mais importantes: Sapucaia do Norte, Fazenda Boa Vista e Serra do Urucum. Nessas áreas, os principais corpos foram detalhados e estudados quanto às suas assembléias e paragêneses minerais. Por conseguinte, reconheceram-se pegmatitos de cinco grupos diferentes tomando-se como base espécies minerais fosfáticas diagnósticas, a saber: (1) pegmatitos Li-ricos, com montebrasita primária, (2) pegmatitos Li-ricos, com trifilita primária, (3) pegmatitos com apatitas primária e secundária, (4) pegmatitos sem fosfatos primários, possuindo paragêneses de alteração da montebrasita e, (5) pegmatitos sem fosfatos primários, possuindo paragêneses de alteração da trifilita. Em função de tais assembléias minerais, são também contextualizados alguns minerais não fosfáticos raros e muito raros (p. ex., stokesita, helvita, coutinhoíta, lindbergita) que ocorrem na região.

Palavras-chaves: Pegmatito, Província Pegmatítica Oriental, Paragênese mineral, Galiléia.

ABSTRACT

The Galiléia region is famous worldwide due to the periodic discovery of rare minerals and/or mineral for collectors. Such minerals are related to pegmatitic bodies that have been originated from granitic intrusions of Brasileiro age (550-500 My). Regional rocks in which these granites intrude are micaschists and gneisses of uncertain age. Three geographic areas were recognized, where the mineralized pegmatites occur: Sapucaia do Norte, Fazenda Boa Vista e Serra do Urucum. In these areas, the main deposits are studied emphasizing their mineral assemblages and paragenesis. Thus, pegmatites are classified into five different types, related to the phosphatic mineral phases, that are: (1) pegmatites Li-rich, with primary montebrasite, (2) pegmatites Li-rich,

LAVRA BOA VISTA 1 OU DO ÊNIO

LAVRA URUCUM-GEOMETA

DISCUSSÃO SOBRE OS FOSFATOS DA LAVRA SAPUCAIA

ASSEMBLÉIAS E PARAGÊNESES MINERAIS REGIONAIS

PEGMATITOS RICOS EM LÍTIO, COM MONTEBRASITA PRIMÁRIA

PEGMATITOS RICOS EM LÍTIO, COM TRIFILITA PRIMÁRIA

PEGMATITOS COM APATITAS PRIMÁRIA E SECUNDÁRIA

**PEGMATITOS NÃO PORTADORES DE FOSFATOS PRIMÁRIOS, COM PARAGÊNESES DE
ALTERAÇÃO DA MONTEBRASITA**

**PEGMATITOS NÃO PORTADORES DE FOSFATOS PRIMÁRIOS, COM PARAGÊNESES DE
ALTERAÇÃO DA TRIFILITA**

CONSIDERAÇÕES FINAIS

AGRADECIMENTOS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSEMBLÉIAS E PARAGÊNESES MINERAIS SINGULARES NOS PEGMATITOS DA REGIÃO DE GALILÉIA (MINAS GERAIS)

Mario Luiz de Sá Carneiro Chaves (*)

Ricardo Scholz (*)

Daniel Atencio (**)

Joachim Karfunkel (*)

(*) Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais. Av. Antônio Carlos 6627, Belo Horizonte - MG, CEP. 31270-010. E-mail: mchaves@igc.ufmg.br, scholz@lycos.com, jokarfun@igc.ufmg.br

(**) Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Rua do Lago 562, São Paulo-SP, CEP. 05508-080. E-mail: datencio@usp.br

SUMÁRIO DOS ITENS:

RESUMO

ABSTRACT

INTRODUÇÃO

QUADRO GEOLÓGICO REGIONAL

GRUPO RIO DOCE – FORMAÇÃO TUMIRITINGA

GRUPO RIO DOCE – FORMAÇÃO SÃO TOMÉ

PLUTONITOS TARDI- A PÓS-TECTÔNICOS

Tonalito Galiléia

Granodiorito Palmital

Granito Urucum

Granito Rapa

DEPÓSITOS PEGMATÍTICOS DE GALILÉIA – ASPECTOS DIAGNÓSTICOS

DESCRIÇÃO DAS PRINCIPAIS LAVRAS

LAVRA BOCA RICA