

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

Mário Luiz de Sá Carneiro CHAVES ¹, Ricardo SCHOLZ ¹,
Daniel ATENCIO ², Joachim KARFUNKEL ¹

- (1) Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais. Avenida Antônio Carlos, 6627. CEP. 31270-010. Belo Horizonte, MG. Endereços eletrônicos: mchaves@igc.ufmg.br; scholz@lycos.com; jokarfun@igc.ufmg.br.
(2) Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. Rua do Lago 562, Cidade Universitária. CEP 05508-080. São Paulo, SP. Endereço eletrônico: datencio@usp.br.

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
Lavra Boa Vista 1 ou do Ênio
Lavra Urucum-GEOMETA

Discussão sobre os Fosfatos da Lavra Sapucaia

Assembléias e Paragêneses Mineraias 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

Anexo

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 mineraias. Por conseguinte, reconheceram-se pegmatitos de cinco grupos diferentes tomando-se como base espécies mineraias fosfáticas diagnósticas, a saber: (1) pegmatitos ricos em lítio, com montebrasita primária, (2) pegmatitos ricos em lítio, 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 mineraias, são também contextualizados alguns minerais não fosfáticos raros e muito raros (p. ex., stokesita, helvita, coutinhoíta, lindbergita) que ocorrem na região.

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

ABSTRACT – *M.L. de S.C. Chaves, R. Scholz, D. Atencio, J. Karfunkel – Singular mineral assemblages and paragenesis of the pegmatites of the Galiléia (Minas Gerais) region.* 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 Brasiliano 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) Li-rich pegmatites, with primary montebrasite, (2) Li-rich pegmatites, with primary triphylite, (3) pegmatites with primary and secondary apatite, (4) pegmatites without primary phosphates, with paragenesis from the montebrasite 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, coutinhoíta, 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 Vala-

dares e próxima à divisa com o Espírito Santo (Figura 1). 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, das 47 espécies minerais descritas a partir de amostras oriundas do Brasil, 12 delas serem de lavras desta área, 7 somente de depósitos nas imediações de Galiléia (barbosalita, faheyíta, frondelita, moraesita, tavorita, coutinhoíta e lindbergita).

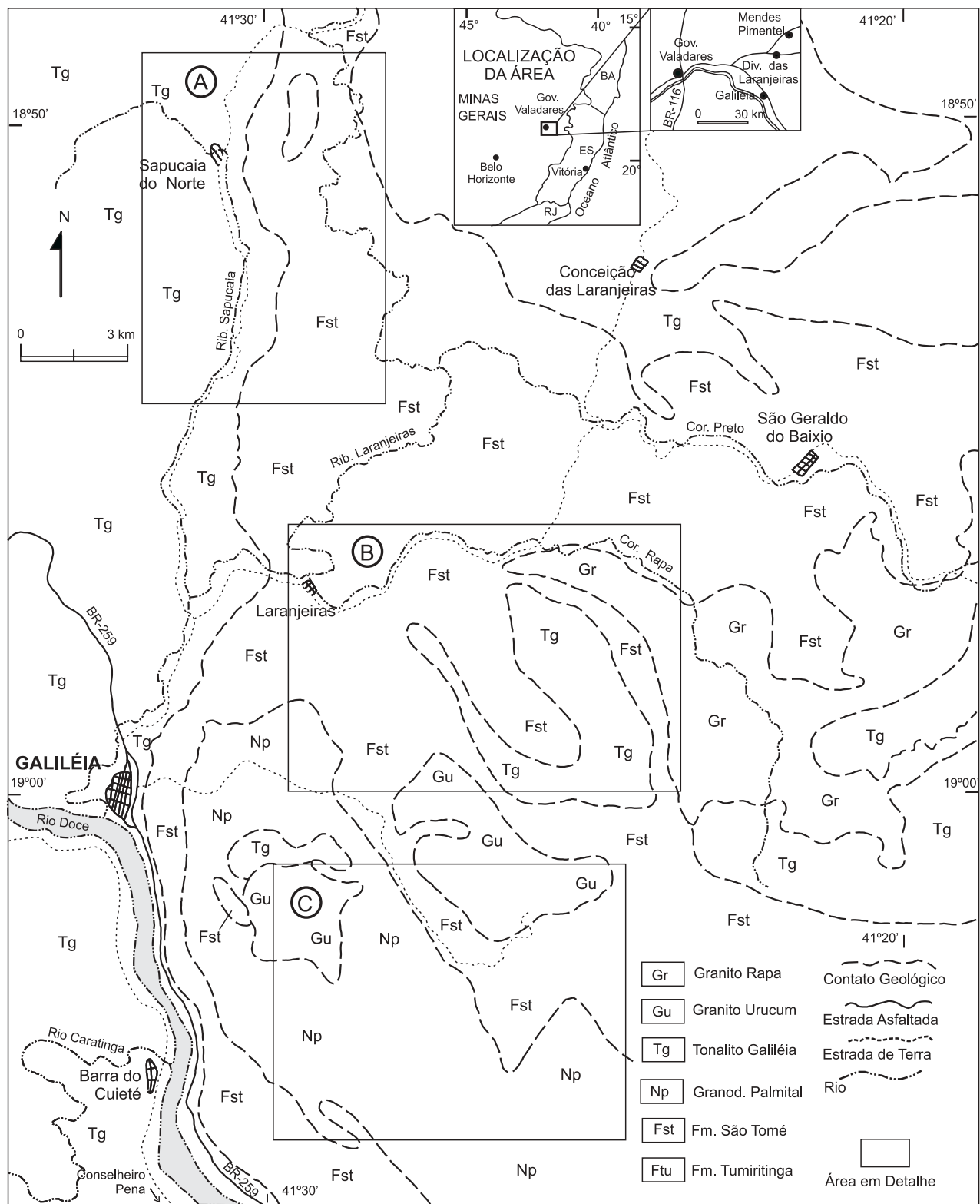


FIGURA 1. Mapa geológico da região de Galiléia (modificado de Vieira, 2000; Oliveira, 2002), ressaltando as áreas com agrupamentos pegmatíticos mais importantes. (A) Sapucaia do Norte, (B) Fazenda Boa Vista, (C) Serra do Urucum.

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. Em 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 sobre a mineralogia dos pegmatitos da região próxima (ao norte), entre Divino das Laranjeiras e Mendes Pimentel, cujo volume de conhecimentos é notavelmente superior.

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 por 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 rochas 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 por Barbosa et al. (1966) como “Grupo Tumiritinga”, então posicionadas 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).

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”, sendo o 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 cálcio-silicáticas, bem como feições de milonitização e protomilonitização, ocorrem localmente. Segundo Vieira (2000), essas rochas foram metamorfozadas 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 esculpidos no Granito Rapa, e também dos relevos alçados e 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 supracitados 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, 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 estauroлита, denota condições de metamorfismo de fácies anfibolito baixo, zona da estauroлита, 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 tarditectônicas 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 descritas por 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, 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 da microscopia, mostram textura hipidiomórfica, granular, com quartzo, plagioclásios (oligoclásio e andesina), biotita e hornblenda, aparecendo raramente microclínio. Os minerais acessórios incluem titanita, apatita, allanita, clinzoisita, zircão, leucocênio e minerais 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 da macroscopia, são identificados somente quartzo, feldspato e mica. Ao microscópio, a rocha mostra textura granoblástica média a grossa, revelando (maiores) quartzo, plagioclásio, feldspato potássico e biotita, além dos acessórios titanita, zircão, monazita e minerais 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 da macroscopia, 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 textura granular hipidiomórfica grossa a média, composto de quartzo, plagioclásio, feldspato potássico 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) designou-o “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 bio-

tita granito e muscovita granito, de texturas hipidiomórfica média, tendo como componentes essenciais quartzo, plagioclásio, feldspato potássico 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 subhorizontal a subvertical, ou ainda, em menor parte, no Tonalito Galiléia, no Granodiorito Palmital e nas rochas graníticas, preenchendo fraturas 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 schörlita), 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

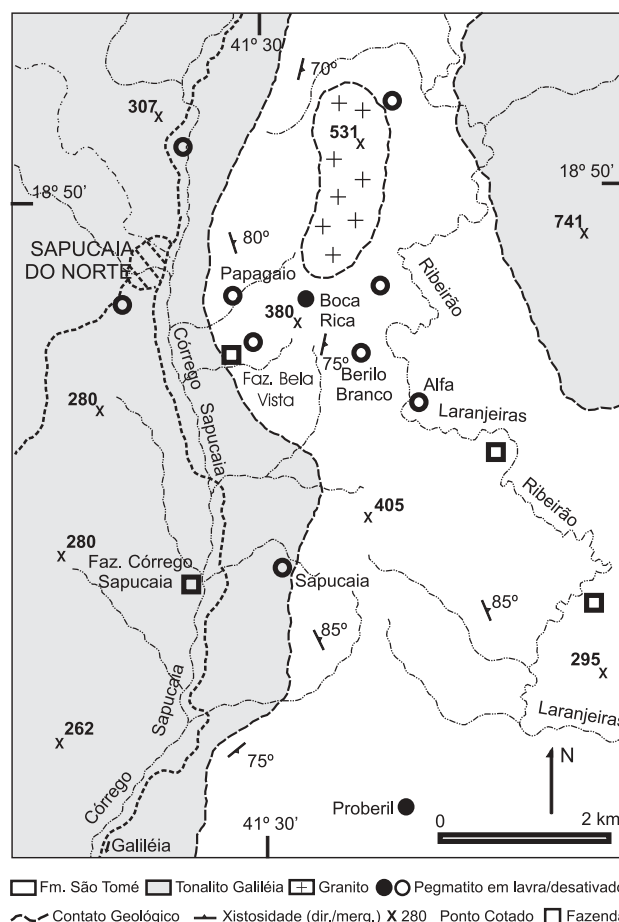


FIGURA 2. Geologia e principais depósitos pegmatíticos da área de Sapucaia do Norte.

ocorrência dos pegmatitos inseridos na Formação São Tomé (Figura 3). Entretanto, de modo contrário, na Serra do Urucum os pegmatitos se relacionam às intru-

sões do Granodiorito Palmital e do Granito Urucum, embora também se coloquem na faixa de abrangência ou proximidades da Formação São Tomé (Figura 4).

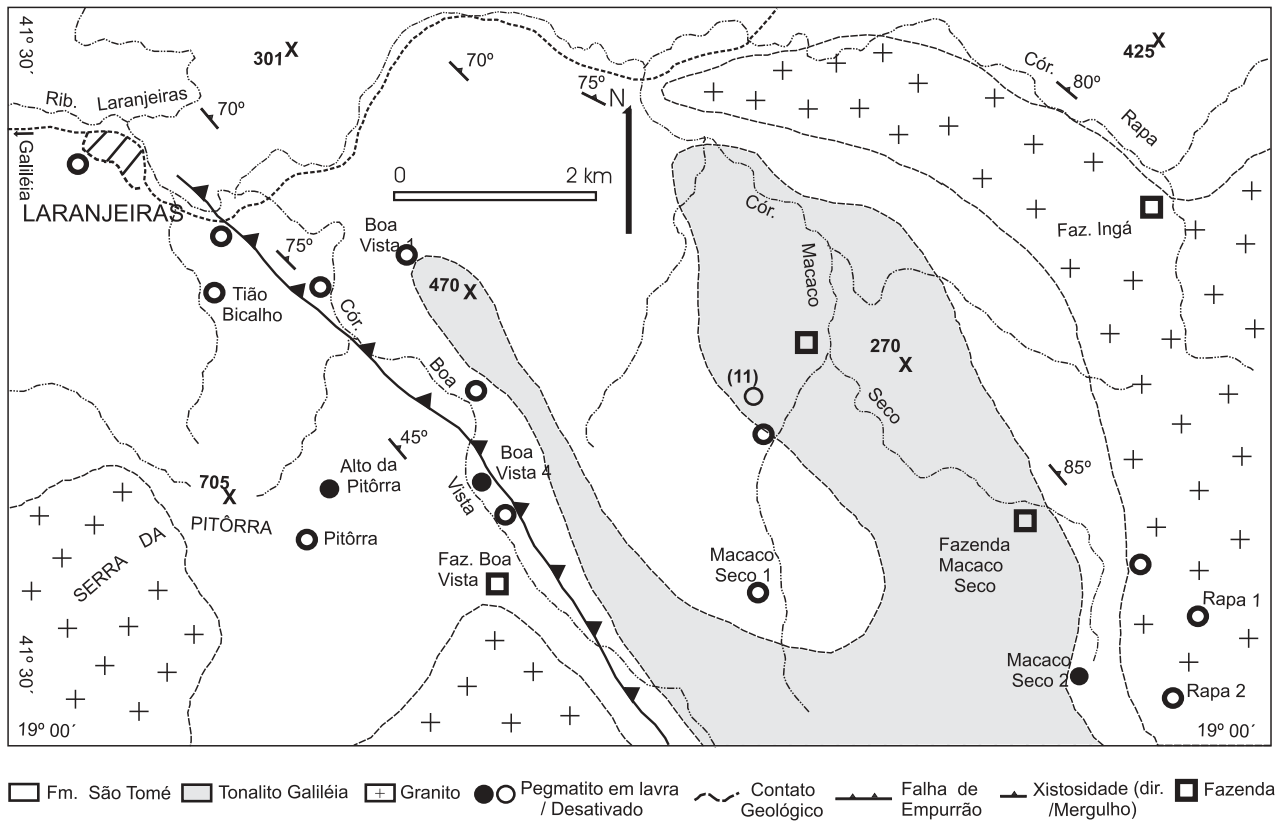


FIGURA 3. Geologia e principais depósitos pegmatíticos da área da Fazenda Boa Vista.

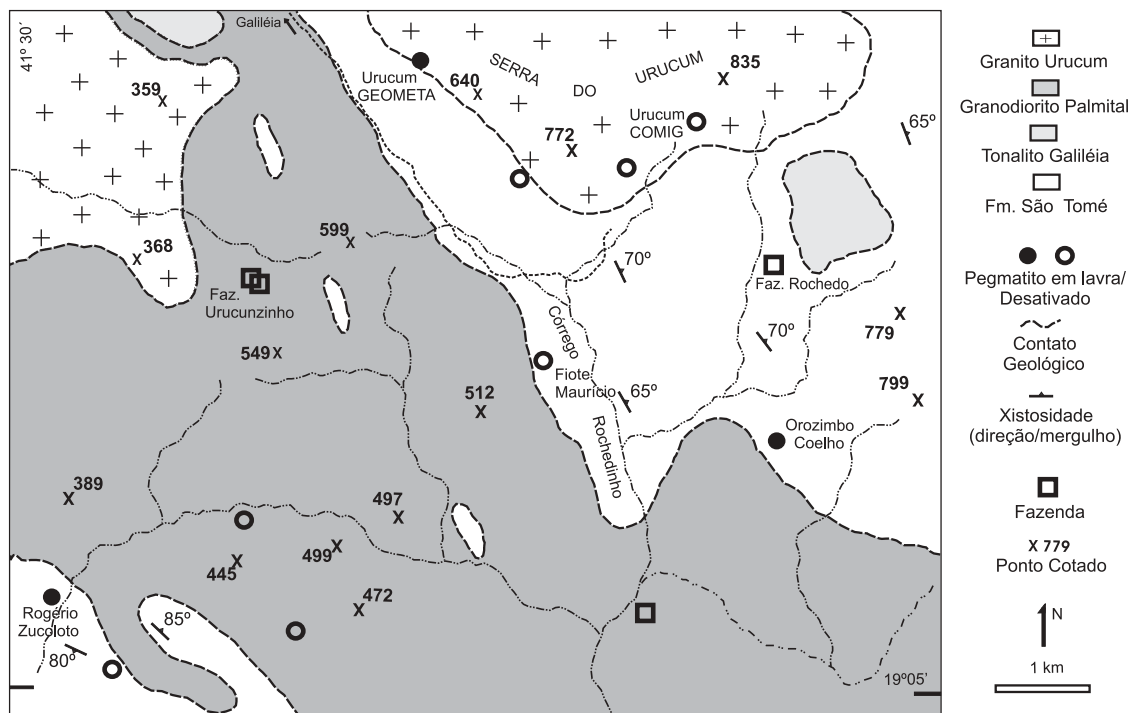


FIGURA 4. Geologia e principais depósitos pegmatíticos da área da Serra do Urucum.

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 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-GEOMETETA, do agrupamento Serra do Urucum (Figura 5).

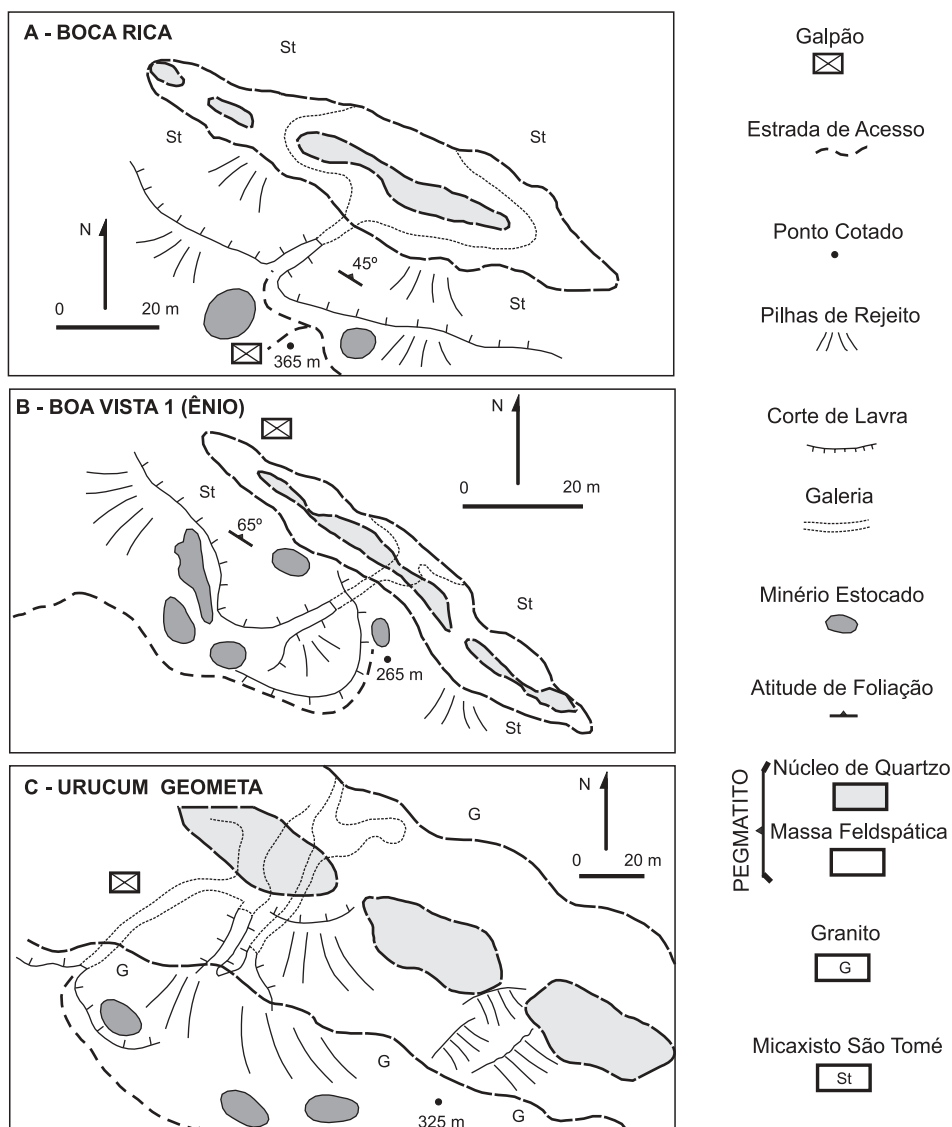


FIGURA 5. Mapas de detalhamento de lavras representativas da região de Galiléia. (A) Boca Rica, (B) Boa Vista 1/Ênio e (C) Urucum-GEOMETETA.

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 subproduto 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 se deve 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).

Através dos trabalhos de detalhamento, permitiu-se a definição da forma e características do corpo pegmatítico na Boca Rica (Figura 5A). 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-escura (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 deste mineral resultou em uma complexa paragênese de fosfatos secundários, tais como ferrisicklerita, fosfosiderita, frondelita, hureaulita, purpurita e reddingita (análises por difração de raios X efetuadas no Laboratório de DRX da Escola de Engenharia da UFMG).

A assembléia mineralógica desse corpo foi detalhada, além de serem realizadas análises químicas sobre certas espécies fosfáticas, conforme os Quadros 1 e 2.

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

QUADRO 1. Análises químicas comparativas (% em peso) sobre minerais fosfáticos selecionados da região de Galiléia. Minerais: (1) Arrojadita, (2) Barbosalita, (3) Childrenita-eosforita, (4) Faheyita, (5) Frondelita, (6) Huréaulita, (7) Leucosofita, (8) Lipscombbita, (9) Montebbrasita, (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.

	1	2	3		4	5				6	7	8	9		10	11		12		13	14		
	(a)	(a)	(b)	(e) **	(a)	(a)	(c) **	(d) **	(a)	(c) **	(a)	(a)	(a)	(b)	(a)	(c) **	(a)	(b)	(a)	(a)	(b)	(e) **	
Al ₂ O ₃	2,23	-	19,30	22,80	0,10	1,31	0,00	tr.	-	0,00	0,25	-	35,50	34,60	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-	-
BaO	1,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BeO	-	-	-	-	7,26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25,28	-	12,58	12,60	-	-	-	-	-
CaO	2,57	13,10	1,60	0,43	-	tr.	0,29	0,33	-	0,92	-	-	-	-	-	0,29	7,60	10,40	-	-	-	0,01	
FeO	17,60	41,65	16,50	10,17	0,00	0,00	-	-	18,02	9,06	0,00	3,75	-	-	-	41,47	6,26	15,74	2,39	29,58	37,17	32,90	
Fe ₂ O ₃	1,70	-	-	1,00	21,42	48,85	55,50	40,72	-	-	41,02	50,45	0,28	-	0,11	-	13,36	-	42,57	-	-	-	
K ₂ O	0,58	-	0,05	-	0,00	0,12	0,00	0,01	-	0,00	10,93	-	-	-	-	2,78	-	-	-	-	-	tr.	
Li ₂ O	0,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,11	10,30	-	-	-	-	7,64	9,33	8,07	9,48
MgO	6,78	2,82	1,00	0,01	1,14	0,20	0,21	0,05	1,73	0,12	-	-	-	-	-	0,68	-	-	-	1,12	2,90	1,51	
MnO	14,60	-	16,10	18,21	5,99	7,74	5,62	10,71	27,57	37,84	-	7,91	-	-	-	16,62	10,04	1,81	1,47	14,55	8,65	9,53	
Mn ₂ O ₃	-	-	-	-	0,00	1,75	-	-	-	-	0,57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Na ₂ O	4,54	-	0,08	0,07	0,84	0,98	0,34	0,02	-	0,00	0,53	-	0,14	0,02	-	0,17	-	-	-	0,08	0,07	0,01	
PbO	4,42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
SrO	0,34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TiO ₂	-	-	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ZnO	0,20	-	-	-	-	-	-	-	0,14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
F	-	-	-	-	0,00	-	-	-	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
H ₂ O	n.d.	4,93	15,95	16,04	14,90	7,52	n.d.	15,85	12,46	n.d.	11,20	4,45	5,70	6,30	39,80	n.d.	11,56	13,06	6,16	0,20	0,00	n.d.	
P ₂ O ₅	40,60	37,50	29,00	31,26	38,11	31,28	29,74	32,27	39,37	41,93	34,71	33,37	48,14	47,90	34,76	36,84	37,60	37,50	39,78	45,16	43,40	47,20	
SiO ₂	0,00	-	0,10	-	-	-	0,53	-	-	-	-	-	-	-	-	0,77	-	-	-	-	-	-	
Insol.	-	-	-	-	9,44	0,32	-	-	-	-	0,45	-	-	-	0,30	-	0,80	-	-	-	-	-	
Total	98,35	100*	99,68	99,99	99,20	100,1	92,23	100*	99,29	89,92	99,66	99,93	99,87	99,56	100,2	99,62	99,80	100,0	100,0	100,0	100,6	100*	

QUADRO 2. 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).

	SAPUCAIA	BOCA RICA	PROBERIL	BOA VISTA 1	ALTO DA PITÓRRA	URUCUM/ GEOM	OROZIMBO	CIGANA	CÓRREGO FRIO	TELÍRIO	GENTIL	PIANO	JOÃO FIRMINO
Alluaudita													
Ambligonita			?	?									
Arrojadita													
Augelita													
Autunita													
Barbosalita													
Beraunita													
Berillonita													
Berlinita													
Bermanita													
Brazilianita													
Cacoxenita													
Carbo-hidroxiapatita													
Childrenita													
Cyrllovita													
Dufrenita													
Eosforita													
Faheyita													
Ferrisicklerita													
Fluorapatita							?						
Fosfoferrita													
Fosfosiderita													
Fosfuranilita													
Frondelita													
Gordonita													
Gormanita													
Graftonita													
Greifensteinita													
Heterosita													
Hidroxiherderita													
Huréaulita													
Jahnsita													
Lazulita-scorzalita													
Lauéita													
Leucofosita													
Lipscombita													
Litiofilita													
Ludlamita													
Messelita													
Meurigita													
Mitriadita													
Montebrasita					?								
Moraesita													
Purpurita													
Reddingita													
Robertsita													
Rockbridgeita													
Roscherita	?	?		?				?					?
Sabugalita													
Salceíta													
Sarcopsídio													
Souzalita													
Strengita													
Strunzita													
Tavorita													
Trifilita													
Triplita													
Variscita													
Vivianita													
Wardita													
Whiteita-(MnFeMg)													
Wolfeíta													
Wyllieíta													
Zanaziíta													

Deniculli), a qual, apesar de desativada, apresenta ainda muito boas exposições preservadas (Figura 5B). A importância desse pegmatito foi destacada somente no final da década de 1970, quando magníficos cristais de ludlamita e vivianita foram extraídos. As descrições de ordem mineralógica 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 e orientação N40°W/65°NE. Sua espessura, embora bastante variável, é de aproximadamente 10 m na zona do núcleo, sendo que essa zona ocupa cerca da metade da referida espessura. Cassedanne & Cassedanne (1981) observaram que em julho de 1977 era o seguinte zoneamento na parte sudeste da lavra: (1) rocha encaixante; (2) zona grosseira de cristais centimétricos de muscovita, com alguns centímetros de espessura, (3) zona feldspática (cerca de 2,5 m) cruzada por grandes agrupamentos cristalinos dendríticos de grafitonita, com agregados placóides de muscovita, onde a schörlita forma inclusões também tabulares; (4) zona feldspática (cerca de 2,5 m) com trifilita (primária) e fosfatos secundários, berilo industrial, até métricos e, localmente, aglomerações de ambligonita; (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 subproduto), possui na mineralogia fosfática interesse para obtenção de espécies de coleção. No presente estudo foram reconhecidos: trifilita, sarcopsídio, heterosita, grafitonita, wolfeíta, arrojadita, berillonita, alluaudita, apatita, ambligonita(?), vivianita, ludlamita, rockbridgeíta, childrenita, fosfoferrita, fosfosiderita, roscherita(?), hidróxi-herderita, saleeíta, fosfuranilita, laueíta, cyrilovita, messelita, tavorita e whiteíta (análises por difração de raios X efetuadas no Laboratório de DRX da Escola de Engenharia da 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 detalhe por Cassedanne & Alves (1990), e do Orozimbo Coelho (produtora de helvita em agregados cristalizados) (Quadro 3).

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 5C). 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 segundo NW e mergulhando fortemente para sudoeste. A rocha encaixante (Granito Urucum) possui neste local granulação fina, porém com largos fenocristais de feldspato potássico sem orientação preferencial. Nítido zoneamento caracteriza o corpo: uma estreita zona rica em schörlita está em contato abrupto com a parede granítica, seguida de uma zona granítica de granulação grossa. 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 schörlita 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 descontínuas 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 semiesféricos de stokesita (muitos deles de perfeita

simetria), desde milimétricos até de 3 cm de diâmetro (Quadro 4). Constitui a única ocorrência brasileira deste mineral raro e a terceira em 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).

QUADRO 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 schörlita) foram observados em todas as lavras.

LAVRAS	Almandina	Anatásio	Arsenopirita	Berilo	Biotita	Biismuto	Calcopirita	Claudêta	Cassiterita	Columbita	Cookeita	Coutinhoíta	Enxôfre	Escorodita	Esfalerita	Essessartita	Espodumênio	Farmacosiderita	Goethita	Helvita	Hematita	Karibbita	Legrandita	Lepidolita	Lindbergita	Litoforita	Löllingita	Petalita	Pirita	Rutherfordina	Schneiderhöhnita	Siderita (com Mn)	Stokesita	Tantalita	Uraninita	Wolframita	Zircão		
1 - Sapucaia																																							
2 - Boca Rica																									x														
3 - Proberil																																							
4 - Boa Vista I																																							
5 - Alto da Pitôrra																																							
6 - Urucum/GEO.																																							
7 - Orozimbo																																							
8 - Cigana																																							
9 - Córrego Frio																																							
10 - Telírio																																							
11 - Gentil																																							
12 - Piano																																							
13 - João Firmino																																							

QUADRO 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.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
SiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	27,54	28,84	27,99	29,40	42,54	43,34	42,89	43,72	43,31	43,13
SnO ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	35,54	35,77	35,79	32,08	33,33	35,35
FeO	0,01	0,00	0,02	0,06	-	-	-	-	0,04	0,04	0,00	1,74	0,43	0,09
MnO	1,46	0,38	1,74	1,70	-	-	-	-	0,52	0,63	0,00	0,26	0,99	0,17
CaO	52,67	53,79	50,70	52,29	0,24	0,25	0,23	0,27	12,46	12,45	12,86	13,24	13,00	12,69
K ₂ O	-	-	-	-	0,32	0,22	0,33	0,32	-	-	-	-	-	-
BaO	0,01	0,00	0,00	0,00	2,75	2,61	2,87	2,77	-	-	-	-	-	-
Al ₂ O ₃	tr.	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SrO	2,24	0,74	2,76	1,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ThO ₂	-	-	-	-	9,89	6,58	8,64	7,37	-	-	-	-	-	-
UO ₃	-	-	-	-	54,35	55,59	54,64	54,28	-	-	-	-	-	-
P ₂ O ₅	42,62	43,32	42,51	42,33	0,85	0,50	0,64	0,46	-	-	-	-	-	-
F	4,08	3,81	4,57	4,52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cl	0,01	0,01	0,02	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H ₂ O	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	4,05	5,41	4,68	5,13	8,90	7,77	8,46	8,96	8,94	8,57
Total	98,83	100,43	100,39	100,44	99,79	100,00	100,02	100,00	99,54	100*	100*	100*	100*	100*

DISCUSSÃO SOBRE OS FOSFATOS DA LAVRA SAPUCAIA

As espécies fosfáticas novas identificadas neste depósito, ora desativado (Figura 2), são: frondelita (Lindberg, 1949), faheyita (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).

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 Mandarino & 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 (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 falta de dados de difratometria de raios X e análises químicas quantitativas, nada se pode afirmar a respeito deste material. 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), 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 (D.A.) provaram que o material de Sapucaia provavelmente é um novo mineral (reestudos 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 (Quadros 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 depende 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 pobres em lítio, com triplita, (III) pegmatitos ricos em lítio, com trifilita, (IV) pegmatitos ricos em lítio, 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, permitem ainda reconhecer algumas mudanças expressivas principalmente nos grupos I e II daqueles autores, conforme as descrições que se seguem, em que a ordem de apresentação foi modificada 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 (Anexo 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 Telírio 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 (Quadros 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 Telírio e João Firmino ocorrem:

- Montebrasita (rica em flúor) + montebrasita (pobre em flúor) + eosforita. Cristais de F-montebrasita, geralmente apresentando marcas de dissolução, ocorrem junto a cristais de montebrasita pobre em flúor e cristais milimétricos de eosforita sobre-crescidos.
- Montebrasita (rica em flúor) + rockbridgeíta. Corresponde a montebrasita maciça, eventualmente com marcas de dissolução, recoberta por rockbridgeíta.
- Montebrasita + brazilianita + fluorapatita. A montebrasita (pobre em flúor) ocorre em corpos de substituição juntamente com brazilianita e fluorapatita, sendo que esses dois últimos se cristalizaram posteriormente à montebrasita.
- Fluorapatita + hidroxi-herderita + manganosiderita. Associação bastante comum no pegmatito Telírio, nos corpos de substituição tardios a fluorapatita aparece intercrescida com hidroxi-herderita e manganosiderita, preenchendo pequenas cavidades ou fraturas na albita.
- Fluorapatita + hidroxi-herderita + manganosiderita. Os dois últimos ocorrem intercrescidos e sobrepostos à fluorapatita.
- Berilo + albita + hidroxi-herderita + moraesita. Cristais de berilo são parcialmente substituídos por albita, hidroxi-herderita 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 (Gali-
léia), 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 recobrando corpos de cristalização tardia, e sobre este mineral ainda ocorrem litiofilita e huréaulita.
- Frondelita + ferrisicklerita + purpurita. Corresponde 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-GEOMETTA, estudada em detalhe, a apatita está acompanhada por muscovita e microclínio, sem apresentar nenhuma relação paragenética aparente com outros minerais fosfáticos. Entretanto, Cassedanne (1986) descreve no local os fosfatos raros fosfuranilita e saleeíta (Quadro 2), os quais, juntamente com a uraninita (Quadro 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 + metauranocircita + 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, hidroxí-herderita 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 hidroxi-herderita, como também pegmatitos 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 nos Quadros 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 + hidroxi-herderita. Ocorre na forma de agregados de albita e muscovita como matriz para cristais de brazilianita, às vezes com agregados de hidroxi-herderita na superfície.
- Berilo + hidroxi-herderita + moraesita. A associação de minerais de berílio mostra nítida relação de substituição do berilo por hidroxi-herderita e moraesita, ocorrendo substituição parcial mas preservando a forma prismática hexagonal, caracterizando o pseudomorfismo.
- Hidroxi-herderita + carbonato-hidroxiapatita + cookeíta. Comum nos corpos de substituição tardios, onde cristais de hidroxi-herderita com até 8 cm, geralmente maclados, apresentam cristais de carbonato-hidroxiapatita junto a agregados milimétricos de cookeíta na superfície.
- Hidroxi-herderita + carbonato-hidroxiapatita + moraesita. Corresponde a cristais de hidroxi-herderita 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 recobrando 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, hidroxi-herderita, carbonato-hidroxiapatita, moraesita e autunita.

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 (Quadros 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 foram observados 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 + hidroxi-herderita. Essa associação mineral é a mais comum observada no pegmatitos Piano e Roberto, onde cristais de eosforita (rica em manganês) encontram-se recobertos por agregados de fluorapatita e hidroxi-herderita.
- Eosforita + mineral do grupo da roscherita. Corresponde a cristais de eosforita (rica em manganês) com pequenos cristais de um mineral do grupo da roscherita, de coloração superficial verde clara.
- Eosforita + hidroxi-herderita. Essa paragênese inclui agregados cristalinos de hidroxi-herderita, sobrecrecidos 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 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 minerais fosfáticos diversificados 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, mostrou-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 Jcão), 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 metasomático posterior.

Interessante ainda é 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, foi possível 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 Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), 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 às pesquisas que levaram ao reconhecimento das novas espécies lindbergita e coutinhoíta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. 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.
2. ATENCIO, D. **Type mineralogy of Brazil**. São Paulo: Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. Museu de Geociências, 2000, 114 p.
3. 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, 2004. (a).
4. 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, 2004. (b).
5. BARBOSA, A.L.M.; GROSSI-SAD, J.H.; TORRES, N. **Geologia das quadrículas de Barra de Cuieté e Conselheiro Pena, Minas Gerais**. Belo Horizonte: Departamento Nacional da Produção Mineral/Geologia e Sondagens Ltda. (DNPM/GEOSOL, 1964, 285 p.
6. 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, n. 2, 1966, 10p.
7. 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, MG. **Anais...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, CD-ROM, Resumo 25-1009. (a).
8. BERMANEC, V.; TOMASIC, N.; KNI EWALD, 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, 32, 2004, Florence. **Abstracts...** Florence, Scientific Section, Part 1, 2004, p.215. (b).
 9. BIRCH, W.D.; PRING, A.; SELF, P.G.; GIBBS, R.B.; KECK, E.; JENSEN, M.C.; FOORD, E.E. Meurigitite, a new fibrous phosphate resembling kidwellite. **Mineralogical Magazine**, v. 60, n. 6, p. 787-793, 1996.
 10. CASSEDANNE, J.P. The Urucum Pegmatite, Minas Gerais, Brazil. **Mineralogical Record**, v. 17, n. 5, p. 307-314, 1986.
 11. CASSEDANNE, J.P. & ALVES, J. Crystallized rose quartz from Alto da Pitorá, Minas Gerais, Brazil. **Mineralogical Record**, v. 21, n. 5, p. 409-412, 1990.
 12. CASSEDANNE, J.P. & BAPTISTA, A. Famous mineral localities: the Sapucaia Pegmatite, Minas Gerais, Brazil. **Mineralogical Record**, v. 30, n. 5, p. 347-360, 1999.
 13. CASSEDANNE, J.P. & CASSEDANNE, J.O. Minerals of the Lavra do Enio Pegmatite. **Mineralogical Record**, v. 11, n. 2, p. 67-72, 1981.
 14. CASSEDANNE, J.P. & CASSEDANNE, J.O. Découverte d'un phosphate métamictite dans la pegmatite du Sapucaia, Minas Gerais. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 57, n. 3, p. 325-337, 1985.
 15. 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.
 16. CERNY, P. Rare-element granitic pegmatites. Part I: Anatomy and internal evolution of pegmatite deposits. In: Sheahan, P.A. & Cherry, M.E. (Eds.), **Ore Deposit Models, Volume II**, Stittsville, Geoscience Canada, Reprint Series 6, 1993, p. 29-47.
 17. 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: Sociedade Brasileira de Geologia, 2001, CD-ROM.
 18. 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.
 19. COUPER, A.G. & CLARK, A.M. Stokesite crystals from two localities in Cornwall. **Mineralogical Magazine**, v. 41, n. 4, p. 411-414, 1977.
 20. 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.
 21. 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.
 22. FRANSOLETT, 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.
 23. HIRSON, J.R. Nota sobre os fosfatos de Sapucaia. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 37, n. 3/4, p. 471-475, 1965.
 24. 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, 1998, p. 296.
 25. JAHNS, R.H. **The study of pegmatites**. Los Angeles: Institute of Technology, California, Contribution 754, 1955, 1130 p.
 26. 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.
 27. LINDBERG, M.L. Frondelite and the frondelite-rockbridgeite series. **American Mineralogist**, v. 34, n. 3, p. 541-549, 1949.
 28. LINDBERG, M.L. Relationship of the minerals avelinoite, cyrilovite and wardite. **American Mineralogist**, v. 42, n. 2, p. 204-213, 1957.
 29. 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.
 30. 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.
 31. LINDBERG, M.L. & PECORA, W.T. Tavorite and barbosalite: two new phosphate minerals from Minas Gerais, Brazil. **Science**, v. 119, p. 739, 1954. (a).
 32. LINDBERG, M.L. & PECORA, W.T. Avelinoite, a new hydrous sodium phosphate mineral from Minas Gerais, Brazil. **Science**, v. 120, p. 1074-1075, 1954. (b).
 33. 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.
 34. LINDBERG, M.L. & PECORA, W.T. Phosphate minerals from the Sapucaia pegmatite mine, Minas Gerais. S. Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, v. 7, n. 2, p. 5-14, 1958.
 35. 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.
 36. MANDARINO, J.A. & BACK, M.E. **Fleischer's Glossary of Mineral Species 2004**. Tucson: Mineralogical Record, 2004, 309 p.
 37. MOORE, B.P. Pegmatite phosphates: descriptive mineralogy and crystal chemistry. **Mineralogical Record**, v. 4, n. 3, p. 103-130, 1973.
 38. MOORE, B.P. & ITO, J. Kidwellite, a new species. **Mineralogical Magazine**, v. 42, n. 1, p.137-140, 1978. (a).
 39. 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 – Salminsitite discredited. **Mineralogical Magazine**, v. 42, n. 3, p. 309-323, 1978. (b).
 40. MOORE, B.P. & ITO, J. Alluaudites, wyllieites, arrojadites: crystal chemistry and nomenclature. **Mineralogical Magazine**, v. 43, n. 3, p. 227-235, 1979.
 41. MOURA, O.J.M. Depósitos de feldspato e mica de Pomarolli, Urucum e Golconda, Minas Gerais. In: SCHOBENHAUS, C. (Ed.), **Principais Depósitos Minerais do Brasil**, v. IV-B, Brasília, Departamento Nacional da produção Mineral/Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 1997, p. 363-371.
 42. 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.
43. NETTO, C.; ARAÚJO, C.; PINTO, C.P.; DRUMOND, J.B.V. **Projeto Leste – Província Pegmatítica Oriental**. Belo Horizonte: Companhia de Mineração de Minas Gerais/ Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (COMIG/ CPRM), Relatório Final, 1998, 223 p.
44. OLIVEIRA, M.J.R. **Projeto Leste – Província Pegmatítica Oriental, Folhas Conselheiro Pena/São Gabriel da Palha**. Belo Horizonte: Companhia de Mineração de Minas Gerais/Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (COMIG/CPRM), 2002, 185 p.
45. SCHOLZ, R. **Mineralogia fosfática dos pegmatitos do Distrito Pegmatítico de Conselheiro Pena, Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2002. 102 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais.
46. 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, Sociedade Brasileira de Geologia, 2003, p. 67.
47. SCORZA, E.P. Kunzita e hiddenita de Cuieté, município de Conselheiro Pena, Minas Gerais. **Mineração & Metalurgia**, v. 8, n. 41, p. 333-334, 1944.
48. SILVA, J.M.R.; LIMA, M.I.C.; VERONESE, V.F.; RIBEIRO JÚNIOR, F.; ROCHA, R.M.; SIGA JÚNIOR, O. **Folha Rio Doce SE.24 – Geologia**. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, Projeto RADAMBRASIL, 1987, 172 p.
49. STRUNZ, H. Identitat von Avelinoit und Cyrilovit. **Neues Jahrbuch für Mineralogie**, Monatsheft, p. 187-189, 1956.
50. SVISERO, D.P. Ocorrência de herderita no pegmatito Sapucaia, município de Galiléia, Minas Gerais. **Ciência e Cultura**, v. 28, n. 7, p. 212, 1976.
51. VIEIRA, V.S. **Projeto Leste – Província Pegmatítica Oriental, Folha Itabirinha de Mantena**. Belo Horizonte: COMIG/CPRM, 2000, 223 p.

ANEXO

Alluaudita - $\text{NaMn}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2(\text{PO}_4)_3$	Lazulita - $\text{MgAl}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2$
Ambligonita - $(\text{Li},\text{Na})\text{Al}(\text{PO}_4)(\text{F},\text{OH})$	Laueíta - $\text{Mn}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
Arrojadita - $\text{KNa}_4\text{Ca}(\text{Fe}^{2+},\text{Mn}^{2+})_{14}\text{Al}(\text{PO}_4)_{12}(\text{OH},\text{F})_2$	Leucosfita - $\text{KFe}^{3+}(\text{PO}_4)_2(\text{OH}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Augelita - $\text{Al}_2(\text{PO}_4)(\text{OH})_3$	Lipscombbita - $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2$
Autunita - $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 10\text{-}12\text{H}_2\text{O}$	Litiofilita - $\text{LiMn}^{2+}\text{PO}_4$
Barbosalita - $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2$	Ludlamita - $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Beraunita - $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_5(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_5 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Messelita - $\text{Ca}_2(\text{Fe}^{2+},\text{Mn}^{2+})(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Berillonita - NaBePO_4	Meurigita - $\text{KFe}^{3+}_7(\text{PO}_4)_5(\text{OH})_7 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
Berlinita - AlPO_4	Mitriadita - $\text{Ca}_2\text{Fe}^{3+}_3(\text{PO}_4)_3\text{O}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
Bermanita - $\text{Mn}^{2+}\text{Mn}^{3+}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Montebrasita - $(\text{LiNa})\text{AlPO}_4(\text{OH},\text{F})$
Brazilianita - $\text{NaAl}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_4$	Moraesita - $\text{Be}_2(\text{PO}_4)(\text{OH}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Cacoxenita - $\text{AlFe}^{3+}(\text{PO}_4)_{17}\text{O}_6(\text{OH})_{12} \cdot \approx 75\text{H}_2\text{O}$	Robertsita - $\text{Ca}_2\text{Mn}^{3+}_3(\text{PO}_4)_3\text{O}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
Carbonato-hidroxiapatita - $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{CO}_3)(\text{OH},\text{F})$	Rockbridgeíta - $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_4(\text{PO}_4)_3(\text{OH})_5$
Childrenita - $\text{Fe}^{2+}\text{Al}(\text{PO}_4)(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Reddingita - $\text{Mn}^{2+}\text{Mn}^{2+}_2(\text{PO}_4)_2(\text{H}_2\text{O})$
Cyrllovita - $\text{NaFe}^{3+}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Roscherita - $\text{CaMn}^{2+}\text{Fe}^{3+}\text{Be}_3(\text{PO}_4)_3(\text{OH})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Dufrénita - $\text{CaFe}^{2+}_2\text{Fe}^{3+}_{10}(\text{OH})_{12}(\text{PO}_4)_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Sabugalita - $\text{H}_{0,5}\text{Al}_{0,5}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
Eosforita - $\text{MnAl}(\text{PO}_4)(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Saleeíta - $\text{Mg}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
Faheyíta - $(\text{Mn}^{2+},\text{Mg})\text{Fe}^{3+}_2\text{Be}_2(\text{PO}_4)_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Sarcopsídio - $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$
Ferrisicklerita - $\text{Li}(\text{Fe}^{3+},\text{Mn}^{2+})\text{PO}_4$	Scorzalita - $(\text{Fe}^{2+},\text{Mg})\text{Al}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2$
Fluorapatita - $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$	Souzalita - $\text{Mg}_3\text{Al}_4(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Fosfoferrita - $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{2+}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	Strengita - $\text{Fe}^{3+}\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Fosfosiderita - $\text{Fe}^{3+}\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Strunzita - $\text{Mn}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Fosfuranylita - $\text{KCa}(\text{H}_3\text{O})_3(\text{UO}_2)_7(\text{PO}_4)_4\text{O}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	Tavorita - $\text{LiFe}^{3+}\text{PO}_4(\text{OH},\text{F})$
Frondelita - $\text{Mn}^{2+}\text{Fe}^{3+}_4(\text{PO}_4)_3(\text{OH})_5$	Trifilita - $\text{LiFe}^{2+}\text{PO}_4$
Gordonita - $\text{MnAl}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	Triplita - $(\text{Mn}^{2+},\text{Fe}^{2+})_2(\text{PO}_4)\text{F}$
Gormanita - $\text{Fe}^{2+}_3\text{Al}_4(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Variscita - $\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Graftonita - $(\text{Fe}^{2+},\text{Mn}^{2+},\text{Ca})_3(\text{PO}_4)_2$	Vivianita - $\text{Fe}^{2+}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
Greifensteinita - $\text{Ca}_2\text{Be}_4(\text{Fe}^{2+},\text{Mn})_5(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Wardita - $\text{NaAl}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Heterosita - $\text{Fe}^{3+}\text{PO}_4$	Whiteíta-(MnFeMg) - $\text{Mn}^{2+}\text{Fe}^{2+}\text{Mg}_2\text{Al}_2(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
Hidroxi-herderita - $\text{CaBe}(\text{PO}_4)(\text{OH})$	Wolfeíta - $\text{Fe}^{2+}_2(\text{PO}_4)$
Huréaulita - $\text{Mn}^{2+}_5(\text{PO}_4)_2[\text{PO}_3(\text{OH})]_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Wyllieíta - $\text{Na}_2(\text{Mg},\text{Fe})_2\text{Al}(\text{PO}_4)_3$
Jahnsita * - $\text{CaMn}^{2+}(\text{Fe}^{2+}_2,\text{Mg}^{2+}_2,\text{Mn}^{2+}_2)\text{Fe}^{3+}_2(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	Zanaziíta - $\text{Ca}_2(\text{Mg},\text{Fe}^{2+})(\text{Mg},\text{Fe}^{2+},\text{Al})_4\text{Be}_4(\text{PO}_4)_6(\text{OH}) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Jonhsomervilleíta - $\text{Na}_2\text{Ca}(\text{Mg},\text{Fe}^{2+},\text{Mn})_7(\text{PO}_4)_6$	* grupo

