

OCORRÊNCIAS DE CORÍNDON NA PORÇÃO LESTE DE MINAS GERAIS

Antonio Liccardo & Hanna Jordt-Evangelista

ABSTRACT

Deposits of corundum in the region of Manhuaçu–Caratinga, eastern Minas Gerais, are described in terms of geology, economic potential, mineralogy and chemistry. The alluvial and colluvial deposits of Indaiá, Sapucaia, Caputira and Palmeira are found within high grade metamorphic terrains, belonging to the Juiz de Fora and Mantiqueira complexes, cut by pegmatites as well as mafic rocks. Gemmological characterization in terms of mineral color and inclusions indicate a good economic potential as gemstone of the studied corundum. The identification of mineral inclusions and the study of the crystal chemistry led to the interpretation of a metamorphic origin for the corundum. The similar geology of the Manhuaçu-Caratinga area and the region where the important ruby and sapphire deposits from Sri Lanka are found suggests that new deposits might be discovered in the eastern region of Minas Gerais.

INTRODUÇÃO

Novas ocorrências de coríndon com potencial gemológico, situadas na região de Manhuaçu-Caratinga, surgiram recentemente no panorama mineral do Estado de Minas Gerais. Quatro ocorrências constituídas por depósitos secundários são conhecidas nas localidades de Indaiá, Sapucaia, Caputira e Palmeira (Figura 1). Trabalhos recentes em rubis e safiras de outros lugares do mundo, também de depósitos secundários, mostram ser possível inferir a origem do mineral através de correlações químicas e do estudo de inclusões (Sutherland *et al.* 1998; Sutherland & Schwarz 2001). Similaridades dos condicionantes geológicos e de características mineralógicas e químicas sugerem um modelo genético em comum para as ocorrências da faixa Manhuaçu-Caratinga, apontando, portanto, para a existência de uma zona com potencial para o surgimento de novas ocorrências de coríndon em Minas Gerais.

LOCALIZAÇÃO

As quatro ocorrências situam-se próximas do eixo Manhuaçu-Caratinga, a cerca de 250km a leste de Belo Horizonte (Figura 1). A ocorrência de Indaiá pertence ao município de Vargem Alegre, aproximadamente a 20km a noroeste de Caratinga, a montante do Córrego São Gabriel. No município de Sapucaia, a cerca de 25km a sudoeste de Caratinga, nas cabeceiras do córrego Ferrugem encontra-se a segunda ocorrência (Sapucaia). A ocorrência de Caputira (no município de mesmo nome), localiza-se no distrito de São Caetano, em direção a Matipó (cerca de 4km) e a de Palmeira

situa-se no município de Manhuaçu, distrito de mesmo nome.

GEOLOGIA DA REGIÃO

Nesta região ocorrem litologias pertencentes a terrenos metamórficos de médio até alto grau, como gnaisses, granulitos e charnoquitos. Essas litologias fazem parte da Província Mantiqueira, segundo a classificação estrutural de Almeida *et al.* (1977), que abrange as rochas pré-cambrianas da porção leste de Minas Gerais, sul da Bahia e norte do Espírito Santo, compondo a chamada faixa móvel transamazônica, reativada no Evento Brasileiro. A região tem sido alvo de diversos estudos e interpretações, tendo recebido variadas denominações locais e regionais como Série Barbacena (Barbosa, 1954), Paraíba do Sul (Fontes *et al.*, 1978) e Complexos Mantiqueira e Juiz de Fora (Almeida *et al.*, 1984). Drumond (1985) enquadra as litologias dessa região nos Complexos Gnáissico-Migmatítico, Plutono-Vulcano Sedimentar Gnáissico e Charnoquítico.

Almeida *et al.* (1984) apontam que o limite entre os Complexos Mantiqueira e Juiz de Fora é assinalado por zonas de falhas inversas com amplas faixas de cataclase e milonitização. Haralyi & Hasui (1982) destacam um forte alinhamento magnético e gravimétrico com aproximadamente 230 km, que parece coincidir com o limite entre os gnaisses (a oeste) e os charnoquitos (a leste). Costa *et al.* (1998) subdividem as unidades litológicas na região de Manhuaçu em gnaisses do Complexo Juiz de Fora, gnaisses granulíticos do Complexo Paraíba do Sul intercalados dentro de

ANÁLISES REALIZADAS

As análises químicas do coríndon de uma parte das ocorrências foram realizadas no laboratório do IGc-UnB num equipamento CAMEBAX modelo SX50, com potencial de aceleração de 15kv e corrente do feixe de 25nA em WDS (análises quantitativas). Foram realizadas cerca de 70 análises pontuais em 10 amostras de Indaiá e 30 análises em 5 amostras de Caputira, para os elementos Al, Cr, Fe, Ti, Ga, Mn e V.

Para a análise e identificação das inclusões sólidas do coríndon, foi utilizada a microscopia eletrônica de varredura com espectrômetro acoplado. O equipamento utilizado nestas análises foi um aparelho EDAX DXY PHILIPS XL-30, o qual encontra-se em operação no LAC-Laboratório Central de Pesquisa e Desenvolvimento, convênio COPEL/UFPR, em Curitiba.

Com o objetivo de constatar a presença de fases hidratadas da alumina tais como diásporo ($b\text{-Al}_2\text{O}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$), bohemita ($a\text{-Al}_2\text{O}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$), gibbsita ($a\text{-Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{H}_2\text{O}$) e bayerita ($b\text{-Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{H}_2\text{O}$), o material foi submetido a análises térmica diferencial (ATD), termogravimétrica (ATG), espectroscopia no infra-vermelho e difratometria de raios X (Liccardo *et al.*, 2000b).

Como análises complementares, utilizaram-se fluorescência de raios X (EDXRF), para detecção de alguns elementos-traços (realizadas no Instituto Gubelin, na Suíça) em 5 amostras de Indaiá, para os elementos Cr, Ga, Fe e Ti e análises gemológicas de rotina.

AS OCORRÊNCIAS

Indaiá

Nessa ocorrência, safiras de colorações que variam de azul profundo ao violeta, quase púrpura, são encontradas em depósitos coluvionares e aluvionares. O corte do colúvio revela um nível mais mineralizado em safira, de composição caulínica e coloração esbranquiçada, que se destaca do restante do manto de intemperismo avermelhado. Na região são encontrados biotita gnaisses, enderbitos e granada granulitos, além de inúmeros corpos de pegmatito. Entre os minerais pesados encontrados no colúvio e nos aluviões, detectou-se a presença de sillimanita, ilmenita, rutilo, magnetita, granada e zircão. Algumas das rochas encaixantes apresentaram granada, espinélio e sillimanita/cianita, revelando altos teores de Al. Além disso, quartzo é escasso ou mesmo ausente em certas amostras, o que indica pobreza em Si, ambiente propício à formação de coríndon (Liccardo, 1999).

Os cristais apresentam-se anédricos, geralmente de tamanho pequeno (< 4 mm) e alguns mostram um moderado efeito alexandrita (efeito de mudança de cor). Em termos de cor e transparência as safiras mostram um bom potencial para aproveitamento gemológico, o qual pode ser sensivelmente aumentado com um

tratamento térmico adequado (Liccardo 1999).

Análises de microsonda eletrônica e de fluorescência de raios X (EDXRF) mostraram a presença de Fe, Ti e Cr, que são considerados como elementos causadores de cor na safira (Hughes 1990). O efeito alexandrita e a forte fluorescência são associados à presença do íon Cr^{3+} . Os teores determinados foram de 0,01 a 0,05% (em peso) para o TiO_2 , 0,01 a 0,09% para o Cr_2O_3 , 0,32 a 0,85% de Fe_2O_3 (todo o ferro calculado como Fe_2O_3) e 0,01 a 0,03% para o Ga_2O_3 (Liccardo *et al.* 1999).

Trabalhos recentes em coríndon da Austrália e do Camboja utilizam a relação $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{Ga}_2\text{O}_3$ e $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ como parâmetro indicativo para uma gênese metamórfica ou basáltica desse mineral (Sutherland *et al.* 1998; Sutherland & Schwarz 2001). Schwartz & Stern (2000) aplicam esse estudo para rubis e safiras de várias outras localidades no mundo e mostram o grande potencial desse método na pesquisa genética do coríndon. A utilização do diagrama $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{Ga}_2\text{O}_3$ versus $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ de Sutherland *et al.* (1998) mostra que o material de Indaiá situa-se no campo metamórfico (Figura 2).

O estudo de inclusões sólidas utilizando o MEV com EDS, revelou a presença de um dos polimorfos de Al_2SiO_5 (cianita, sillimanita ou andaluzita) no coríndon (Figura 3). A presença de rochas encaixantes portadoras de cianita e sillimanita, indica que o coríndon se formou no mesmo evento metamórfico que as encaixantes.

Sapucaia

A safira de Sapucaia ocorre como cristais euédricos, subédricos e em fragmentos irregulares, nas cores azul, púrpura, violeta, verde e preta. Apresenta hábito característico, com prismas hexagonais alongados e muitas vezes terminados em bipirâmides, sendo a superfície externa dos cristais normalmente lisa e frequentemente recoberta por moscovita microcristalizada. A maior parte dos cristais mostra dimensões em torno de 1cm, variando desde alguns milímetros até 8cm de comprimento (o maior exemplar encontrado até o momento). Os cristais exibem pronunciada partição basal e romboédrica nos planos de geminação polissintética. Em termos de diafanidade, são opacos até transparentes, sendo que uma parte pode ter aproveitamento gemológico, apesar de fortemente fraturados; nos exemplares translúcidos e transparentes foi verificada uma distribuição irregular da cor, além de inclusões opacas. Como efeitos ópticos especiais foram observados o efeito alexandrita, o efeito seda (brilho prateado sedoso) e, nas safiras pretas, ocorre ainda o asterismo com a formação de estrela de seis pontas. Sob iluminação ultravioleta de ondas curtas, as safiras mostraram uma reação fraca a moderada (violeta); em ultravioleta de ondas longas as amostras nas cores azul, violeta e púrpura apresentaram reação de fluorescência muito forte (vermelha) e nas outras cores, reação moderada (violeta). As características ópticas principais são pleocroísmo moderado a forte

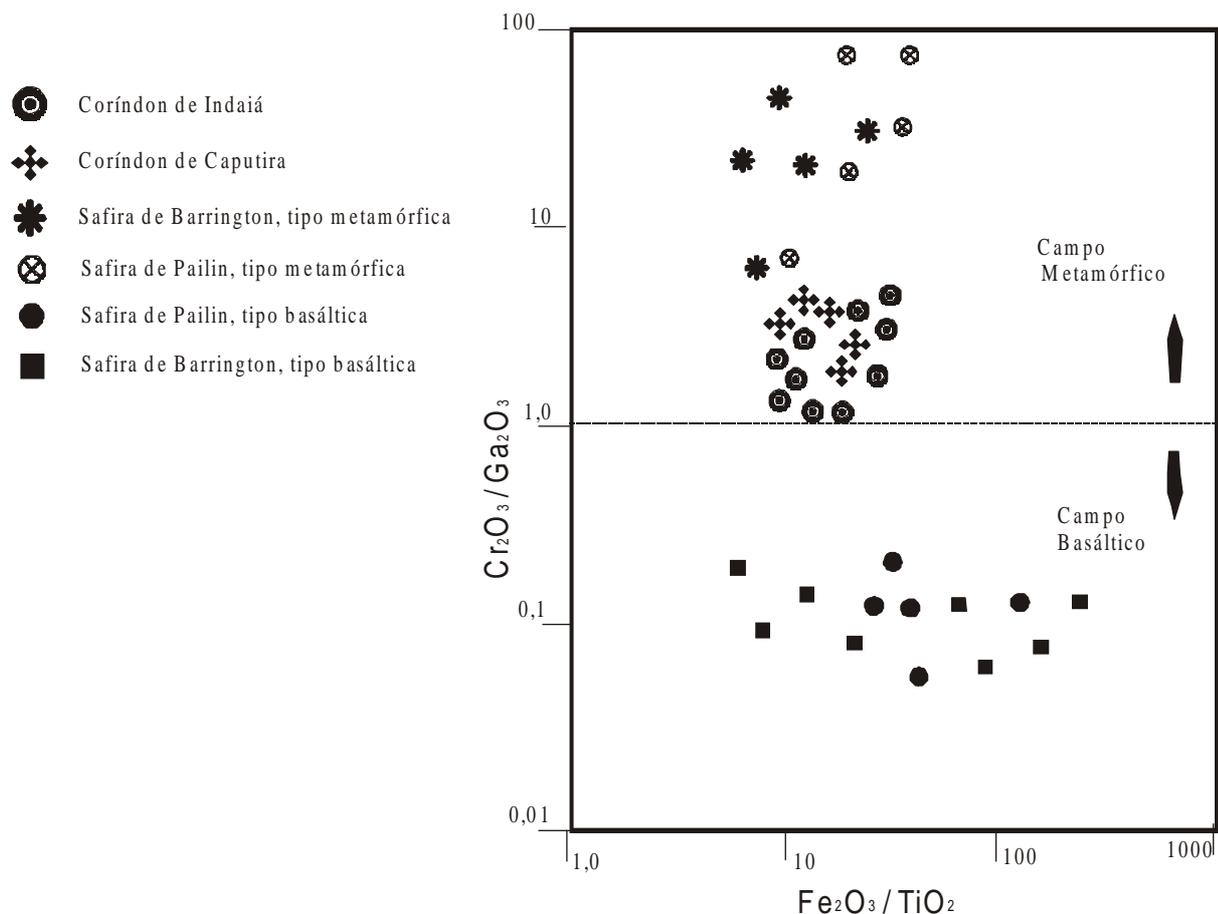


Figura 2: Coríndon de Indaiá e Caputira plotados no diagrama $Cr_2O_3/Ga_2O_3 \times Fe_2O_3/TiO_2$. As amostras estudadas situam-se no campo metamórfico delimitado por Sutherland et al. (1988), em comparação com amostras de Barrington (Austrália) e Pailin (Camboja).

Figure 2: Corundum from Indaiá e Caputira plotted in the $Cr_2O_3/Ga_2O_3 \times Fe_2O_3/TiO_2$ diagram. The studied samples plot within the metamorphic field defined by Sutherland et al. (1988), in comparison to samples from Barrington (Austrália) and Pailin (Camboja).

(azul/azul escuro) e índice de refração de 1,759/ 1,762 e 1,768, com birrefringência máxima registrada de 0,009(Liccardo et al. 2000a).

A descrição preliminar da safira encontrada em Sapucaia aponta boas possibilidades de aproveitamento gemológico para esse material, à semelhança da safira de Indaiá, principalmente em relação às cores azul e violeta e aos efeitos ópticos especiais apresentados. Possivelmente esse aproveitamento poderá ser melhorado se essas safiras forem tratadas termicamente e/ou seja utilizada uma lapidação adequada aos efeitos ópticos.

Caputira

Em Caputira o material é encontrado em colúvio de cor vermelho-arroxeadada, que contém seixos e matações de quartzito sobreposto à provável rocha hospedeira do coríndon (Campos 1999). O mesmo autor cita ter sido encontrado um fragmento de rocha alterada contendo cristais de coríndon truncando uma foliação definida pela orientação da mica, sugerindo uma cristalização sin- a pós-tectônica em relação ao evento

que gerou essa foliação e atribuindo, portanto, uma origem metamórfica para a rocha e o mineral.

O coríndon apresenta-se em quase sua totalidade em cristais excepcionalmente bem formados, com primas hexagonais, geralmente terminados em pinacóide, raramente com bipirâmides. A coloração varia de castanho a avermelhado com algumas tonalidades tendendo ao púrpura escuro e os cristais são em geral centimétricos (até 4 ou 5cm). Campos (1999) aponta que o hábito no formato de “barrilete”, típico desse mineral, é bastante incomum, não atingindo 1% das amostras estudadas. É comum, ainda, a presença de maclação polissintética segundo as faces romboédricas. Detectou-se diásporo através da difratometria de raios X, ATD, ATG e infravermelho (Liccardo et al. 2000b), o qual provavelmente está preenchendo os planos de geminação do coríndon, como descrito em outras ocorrências (Chodur 1997).

Campos (1999) menciona ainda que, nas análises químicas, esse coríndon revelou teores relativamente elevados de Fe_2O_3 (0,27 a 0,51% em peso – todo o Fe calculado como Fe_2O_3) e baixos de Cr_2O_3 (0,05 a 0,22%

em peso). Quanto aos teores de TiO_2 , variam de 0,00 a 0,04(% em peso)(Campos 1999 e Liccardo *et al.* 1999) e os teores de Ga_2O_3 variam de 0,01 a 0,05% (Liccardo

et al. 1999). Em diagrama $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{Ga}_2\text{O}_3 \times \text{Fe}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ o coríndon de Caputira também cai no campo de origem metamórfica (Figura 2).

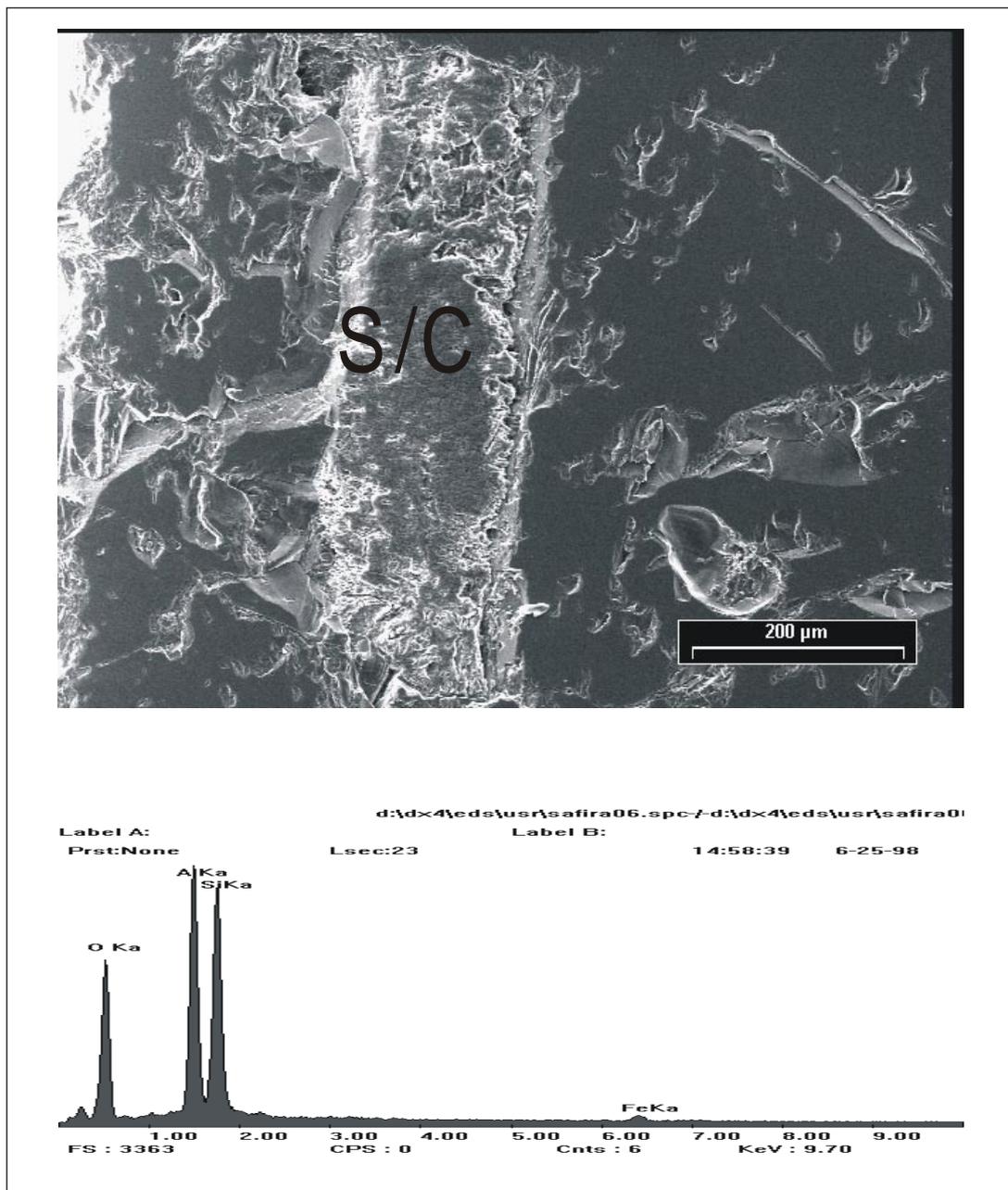


Figura 3: Imagem em MEV (microscópio eletrônico de varredura) de inclusão (S/C) de polimorfo de Al_2SiO_5 (sillimanita ou cianita) em coríndon de Indaiá, com o respectivo gráfico (EDS) indicando os picos de Al, Si e O.

Figure 3: SEM-image of inclusion (S/C) of an Al_2SiO_5 polymorph (kyanite or sillimanite) in corundum from Indaiá, and its EDS-spectrum showing the Al, Si and O peaks.

Palmeira

Essa é uma ocorrência encontrada recentemente na região e por isso, a menos conhecida. Apresenta produção de material para o mercado de gemas. Os cristais de coríndon encontrados em Palmeira são euédricos, de coloração predominantemente avermelhada (rubí ou safira rosa), em menor escala também violeta ou púrpura, com hábitos prismático

alongado e em “barrilete”, com tamanhos variando de 0,5 a 4cm. Análises preliminares com MEV (EDS) revelaram a presença de zircão, diásporo (confirmado em difratometria de raios X, ATD e ATG) e rutilo arredondado e acicular. A presença de rutilo em grande quantidade costuma causar interessantes efeitos de asterismo, *chatoyance* ou mesmo efeito seda. Além disso, alguns exemplares pequenos também mostraram

o efeito alexandrita, semelhante aos de Indaiá e Sapucaia. O coríndon desse depósito também encontra-se em colúvio e aluviões e, tal como para os demais depósitos, a discussão sobre a sua gênese poderá basear-se nos estudos da sua assinatura geoquímica.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A caracterização mineralógica e química do coríndon dos depósitos da região de Manhuaçu e Caratinga e a associação com dados de campo permite algumas inferências, tanto quanto ao potencial gemológico como quanto à gênese desse mineral.

A presença de fases hidratadas da alumina, especificamente o diásporo encontrado ao longo dos planos de geminação polissintética resulta normalmente em diminuição de transparência e, conseqüente, perda de aproveitamento gemológico. Esses minerais, quando associados ao coríndon ou como produto de sua alteração, normalmente são de difícil identificação por meios ópticos (Chodur 1997). O coríndon é estável em altas temperaturas (2000°C), não devendo portanto apresentar nenhuma perda de massa por aquecimento. Assim, qualquer reação observada nas análises termo diferencial (ATD) e termogravimétrica (ATG) pode ser atribuída à presença de outras fases minerais associadas. As amostras estudadas apresentaram na ATD uma reação endotérmica entre 450 e 520°C e na ATG, uma perda de massa nesta mesma faixa de temperatura. Como pela difração de raios X observou-se a presença de diásporo, é pertinente associar esta perda de massa à liberação de água da fase hidratada (Liccardo *et al.* 2000b).

Existe uma relação entre a presença do diásporo e o grau de transparência do coríndon, conforme descrito por Chodur (1997) para o depósito de Barra Velha. Esse autor afirma que a presença de diásporo em planos de é um provável fator de perda de transparência. A possibilidade da mudança de fase do diásporo com a perda da água por aquecimento, resultando na transformação em coríndon (Gitzen, 1970), sugere algumas perspectivas no sentido de melhoramento dos cristais quanto ao grau de transparência, desde que utilizados os procedimentos de tratamento térmico adequado.

A análise dos elementos-traços e elementos menores das amostras de coríndon de Indaiá e Caputira apontou uma gênese metamórfica para esse material. As características geológicas dos locais (terrenos metamórficos), as inclusões de polimorfos de Al_2SiO_5 (tipicamente metamórficos) no coríndon de Indaiá e as evidências de campo encontradas por Campos (1999) em Caputira são fortes elementos para indicar o metamorfismo como sendo o gerador desse mineral na região. É razoável, portanto, dadas as similaridades entre os quatro depósitos, supor uma gênese semelhante também para Sapucaia e Palmeira, evidenciando uma área de potencial muito grande para o surgimento de novas ocorrências.

Rapasinghe & Dissanayake (1985) propõem, para toda a região de charnoquitos dos Highlands no Sri Lanka, que os efeitos do metamorfismo de fácies granulito em sedimentos muito aluminosos representam um importante papel na formação dos depósitos de coríndon desta região. Segundo estes autores, cinturões de granulitos metassedimentares produzidos por colisão de placas são ambientes geológicos propícios para a formação de minerais-gemas. Dahanayake *et al.* (1980) concluíram que a fonte dos depósitos sedimentares de coríndon no Sri Lanka são gnaisses granatíferos e escarnitos.

A propósito destes estudos nos terrenos granulíticos do Sri Lanka, é interessante a observação de Munasinghe & Dissanayake (1981) que traçam um comparativo entre estas litologias e os cinturões granulíticos metassedimentares do Brasil, descritos por Wernick & Almeida (1979), evidenciando similaridades na história geológica e no potencial para geração de coríndon. Os dados ora apresentados apontam para uma confirmação desse potencial, não só na região de Manhuaçu-Caratinga, como também em outros terrenos granulíticos do Brasil (Liccardo & Chodur, 1999).

AGRADECIMENTOS

Esse trabalho faz parte da tese de doutorado (em desenvolvimento) do primeiro autor, viabilizado através de bolsa do CNPq e parcialmente financiado pela FAPEMIG (projeto CRA 405/97).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, F.F.M.; Hasui, Y. 1984. *O Pré-Cambriano no Brasil*. São Paulo, Ed. Edgard Blücher, 318p.
- Almeida, F.F.M.; Hasui, Y.; Brito-Neves, B.B.; Fuck, R.A. 1977. Províncias estruturais brasileiras. In: SBG-Núcleo Nordeste, Simpósio Geologia do Nordeste, Campina Grande. *Atas*, 363-391.
- Barbosa, O. 1954. Evolution du Geosynclinal Espinhaço. In: Int. Geol. Cong., Algiers. *Anais* 14:17-36.
- Campos, J.C.S. 1999. *Os depósitos de caulim, ametista e coríndon a NW de Manhuaçu (MG): geologia, mineralogia e gênese*. Dissertação de mestrado, UFOP, Ouro Preto, 179p.
- Chodur, N.L. 1997. *Mineralogia e geologia dos depósitos de rubi e safira da região de Barra Velha, Santa Catarina*. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de doutoramento, 210p.
- Costa, A.G.; Rosière, C.A.; Ebert H.D. 1998. The Regional Structures of the Deep Crustal Segment of the Northern Ribeira Belt, SE Brazil. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 40, Belo Horizonte, *Anais*, p.50.
- Cunningham D.; Alkmin, F.F.; Marshak S. 1998. A structural transect across the Coastal Mobile Belt in the Brazilian highlands (latitude 20°S): the roots of a Precambrian transpressional orogen. *Precambrian Research*: 251-275.
- Dahanayake, K.; Liyanage, A.N., Ranasinghe, A.P. 1980. Genesis of sedimentary gem deposits in Sri Lanka. *Sediment. Geol.* 25: 105-115.
- Drumond, J.B.V. 1985. *Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão – Região Sudeste Folha de Ipatinga, MG (SE.23.Z.D)*. DNP/CPRM, Belo Horizonte, v. 1, p. 3-12.
- Fischel, D.P.; Pimentel, M.M.; Fuck R.A.; Costa, A.G.; Rosière, C.A. 1998. Geology and Sm-Nd Isotopic Data for the Mantiqueira and Juiz de Fora Complexes (Ribeira Belt) in the Abre Campo-Manhuaçu Region, MG, Brasil. In: *International Conference on Basement Tectonics*, 14, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil, 21-23.

- Fontes, C.Q.; Ferrari, P.G.; Pereira, A.D.C.; Netto, C.; Pereira, F.C.; Lima Jr., L.O.; Costa, M.R.A.; Baltazar, O. F.; Silva, S.L.; Vieira, V.S.; Ramalho, R. 1978. *Projeto Jequitinhonha*. Belo Horizonte, DNPM/CPRM (Relatório do Arquivo Técnico da DGM, 2787).
- Gitzen W.H. 1970. Alumina as a Ceramic Material. The American Ceramic Society, Columbus, Ohio.
- Haralyi, N.L.E.; Hasui, Y. 1982. The gravimetric information and Archean-Proterozoic structural framework of eastern Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, **112**: 160-166.
- Hughes, R.W. 1990. *Corundum*. London, Butterworth-Heinemann Ltd, 314p.
- Liccardo, A. 1999. Safiras de Indaiá, MG: Mineralogia, geologia e gemologia. Dissertação de Mestrado, UFOP, Ouro Preto, 126p.
- Liccardo, A.; Chodur, N.L. 1999. Coríndon em terrenos granulíticos de Santa Catarina e Minas Gerais. In: SBG, Simpósio Sul Brasileiro de Geologia, 7 e Encontro de Geologia do Mercosul, 2, Foz do Iguaçu. *Boletim de Resumos*, p.43.
- Liccardo, A.; Jordt-Evangelista, H.; Ferreira, C.M.; Sabioni A.C.S. & Chodur, N.L. 1999. Geoquímica em Amostras de Coríndon no Brasil. In: Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa e Congresso Brasileiro de Geoquímica, 5, Porto Seguro, *anais*, p. 274.
- Liccardo, A.; Chodur, N.L.; Jordt-Evangelista, H. 2000a. Caracterização Preliminar da Safira de Sapucaia, em Minas Gerais. In: Simpósio Brasileiro de Tratamento e Caracterização de Gemas, 1, Ouro Preto, MG, *Boletim de Resumos*, p. 34.
- Liccardo, A.; Chodur N.L.; Jordt-Evangelista, H.; Costa, G.M. 2000b. Identificação de Fases Hidratadas em Coríndon no Brasil. In: Simpósio Brasileiro de Tratamento e Caracterização de Gemas, 1, Ouro Preto, MG, *Boletim de Resumos*, p. 36.
- Munasinghe, T.; Dissanayake, C.B. 1981. The origin of gemstones of Sri Lanka. *Economic Geology*, **76**: 1216-1225.
- Rapasinghe, M.S.; Dissanayake, C.B. 1985. Charnockites and the genesis of gem minerals. *Chemical Geology*, **53**: 1-16.
- Schwartz, D.; Stern, W.B. 2000. Chemical fingerprinting as a tool for the characterisation of gem corundums from different genetic environments. In: *International Geological Congress, 31*, Rio de Janeiro, Brasil (CD-ROM).
- Sutherland, F.L.; Schwartz, D.; Jobbins, E.A.; Coenraads, R.R.; Webb, G. 1998. Distinctive gem corundum suites from discrete basalt fields: a comparative study of Barrington, Australia and West Pailin, Cambodia gemfields. *Journal of Gemmology*, **26**: 65-85.
- Sutherland, F.L.; Schwartz, D. 2001. Origin of gem corundums from basaltic fields. *The Australian Gemmologist*, **21**(1): 30-33.
- Wernick, E.; Almeida, F.F.M. 1979. The geotectonic environments of early Precambrian granulites in Brazil. *Precambrian Research*, **8**: 1-17.