

Geologia da mina de fosfato da Copebrás no complexo foscorítico-carbonatítico Catalão I

M. Palmieri¹, A.J.D. Ferrari², J.A. Brod³ & A.R. Barbosa⁴

1 Geominer, Rua 534 n° 558, Bairro Sta Cruz, Catalão-GO. CEP 5706-000. matheus_palmieri@yahoo.com.br

2 Copebras, Fazenda Chapadão s/n, zona rural, Ouvidor-GO. CEP 75715-000. aldo.ferrari@copebras.com.br

3 Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro CEP 70910-900 Brasília-DF. brod@unb.br

4 Anglo American Brasil Ltda. Av. Interlândia, 502 Setor Santa Genoveva. 74672-360 Goiânia-GO. pabarbosa@angloamerican.com.br

Abstract The Catalão I phoscorite-carbonatite complex is part of the Late Cretaceous Alto Paranaíba Igneous Province, which also includes other major plutonic, carbonatite-bearing complexes, such as Tapira, Araxá, Salitre I and II, Serra Negra, and Catalão II. It is a roughly circular, 5.5 x 6 km, dome structure composed of ultramafic, carbonatitic and phoscoritic rocks. The complex contains unexploited deposits of REE, titanium, and vermiculite, and is currently mined for niobium and phosphate. This paper describes the results of a geological mapping in the Copebrás phosphate mine, situated at the NW portion of the dome. For mapping purposes, lithological units were defined on the basis of percentages of the dominant rock-types. The same criterion was applied to the weathered zone, wherever rock structure and/or original/replacement mineralogy were still recognizable. Three main different series of rocks occur at the Copebras mine: the phoscorite series is represented by phoscorites, nelsonites, apatites and magnetites; the carbonatite series is represented by dolomite carbonatite and calcite carbonatite; the bebedourite series is represented by metasomatic phlogopitites, derived from metasomatism of primary ultramafic rocks and by late-stage conduit breccias. Except for the phlogopitites, all the others rocks occur as stockworks of dykes with variable thickness which crosscut each other and the phlogopitite. Structures like ring dykes and concentrically distributed zones of predominance of one rock type or another became very clear as a result of the pit mapping. Liquid immiscibility textures recognized in the fresh rock comprise apatite aggregates within carbonatites, carbonate globules in silicate rocks, and orbicular structures.

Palavras-chave: Foscorito, carbonatito, estruturas anelares.

INTRODUÇÃO Geologicamente, os complexos de Catalão I e II, sul do estado de Goiás, estão inseridos na Província Ígnea do Alto Paranaíba (PIAP, Gibson *et al.* 1995). Junto com os complexos de Serra Negra, Tapira, Araxá e Salitre, no oeste do estado de Minas Gerais, formam uma série de intrusões alcalinas de filiação kamafugítica com associações carbonatíticas e ultramáficas (Brod *et al.* 2000), de idade neocretácea, intrudidos em metassedimentos neoproterozóicos da Faixa Brasília (Fig. 1), na borda NE da Bacia do Paraná. Catalão I possui geometria arredondada com cerca de 5,5 km x 6,0 km segundo EW e NS respectivamente, e apresenta-se como uma leve elevação dômica.

O domo de Catalão I pode ser entendido como uma câmara magmática rasa, de evolução polifásica. O magma parental, de composição silicática, alcalina e ultrapotássica, com afinidade kamafugítica (flogopita picrito, Brod *et al.* 2000) evoluiu por uma complexa sequência de diferenciação, envolvendo cristalização fracionada, imiscibilidade de líquidos, segregação magmática e desgaseificação/metassomatismo, produzindo grande diversidade de litotipos com intrincadas relações de contato. De modo geral, as rochas mais evoluídas predominam nas porções

centrais do domo e as rochas de composição mais primitivas nas bordas. Rochas ultramáficas primárias foram, em grande parte, convertidas em flogopititos por metassomatismo carbonatítico (Ribeiro *et al.* 2005).



Figura 1. Esboço geológico da Província Ígnea do Alto Paranaíba, mostrando a localização dos complexos de Catalão I e II a NW, e de Serra Negra, Salitre, Araxá e Tapira (porções central e sul). As estrelas representam pequenas ocorrências de kamafugitos e kimberlitos da PIAP (Segundo Gibson *et al.* 1995)

A MINA DA COPEBRÁS mina da Copebrás LTDA (Grupo Anglo American) situa-se a 20 km da cidade de Catalão, na porção centro norte do domo, representada por rochas mais diferenciadas que as das porções mais externas (Fig. 2). Partindo-se das bordas do domo para o centro tem-se uma aureola fenitizada que marca o contorno do domo, passando por uma zona de predominância de flogopititos e enriquecendo-se nas porções mais centrais em associações foscoríticas e carbonatíticas.

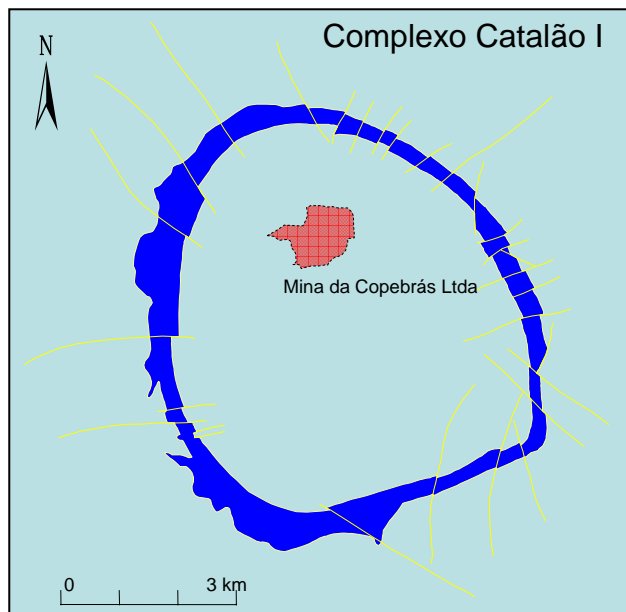


Figura 2. Localização da Mina da Copebras Ltda no Complexo Catalão I

Tanto nas exposições de rocha fresca quanto na porção alterada é possível identificar as estruturas e composição das rochas existentes, com exceção dos carbonatitos que estão preservados no nível de rocha fresca, mas são completamente lixiviados do perfil de alteração. Raramente são encontrados *plugs* ou áreas extensas de um único tipo de rocha. Ao contrário, a maioria das exposições consiste de uma complexa mistura de diques e veios sub-verticais de composição e espessura variadas, que se entrecortam gerando uma estrutura tipo *stockwork* (Fig. 3). Dessa forma, o mapeamento de litotipos isolados é inviável em uma escala apropriada, o que levou à adoção do método de mapeamento proposto por Ribeiro *et al.* (2005), que divide as unidades litológicas em termos de percentagens dos litotipos predominantes.



Figura 3. Stockwork de diques de carbonatito dolomítico (esbranquiçado) em foscorito (cinza) mostrando a incidência de diques e veios de diferentes composições

O mapa litológico apresentado neste trabalho (Fig. 4) mostra zonas de predominância de carbonatito, brecha e foscoritos, esses últimos fortemente associados com flogopititos ou nelsonitos em determinadas áreas. A geometria dessas zonas facilitou a visualização de macro estruturas tais como domínios anelares (*ring dykes*), internamente constituídos por sistemas de *stockwork*, como ocorre em outros complexos carbonatíticos mundiais (por exemplo, Kovdor, na península de Kola, (Krasnova *et al.* 2004b), Palabora, na África do Sul (Palabora Mining Company Limited Mine Geological and Mineralogical Staff 1976).

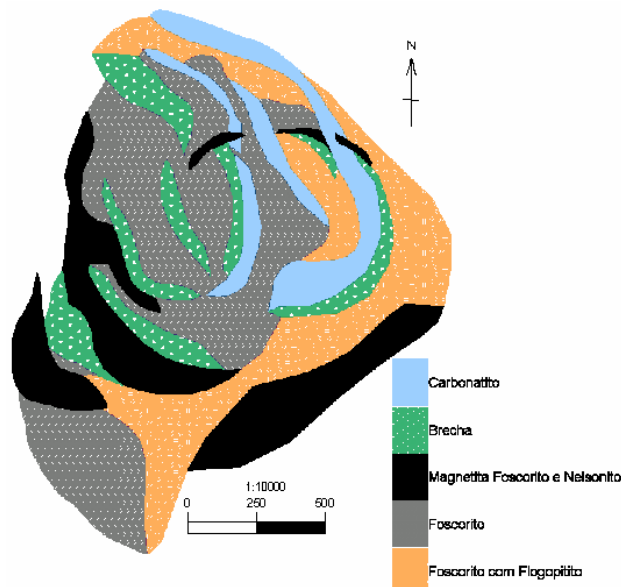


Figura 4. Mapa geológico da mina da Copebrás Ltda, porção NW do Complexo Foscorítico carbonatítico Catalão I. Notar exuberantes estruturas em Ring Dykes e decréscimo de rochas foscoríticas/carbonatíticas para áreas mais externas

A área mapeada possui uma predominância de rochas foscoríticas, ocupando toda a porção central e porção SW. Nota-se que as variedades ricas em magnetita (nelsonitos e magnetita foscoritos) situam-se próximos aos limites dos *pits* de nióbio da Mineração Catalão, localizados na porção sul e SE da área.

DESCRIÇÃO LITOLÓGICA Os foscoritos foram classificados conforme recomendação de Krasnova et al. (2004a) sobre a definição original de Le Maitre (2002). São rochas de granulação média a grossa, compostas essencialmente por apatita, magnetita e um silicato magnesiano (flogopita primária e/ou pseudomorfos de serpentina, clinohumita ou flogopita sobre olivina primária). Possuem aspecto geral brechado, granular ou em alguns casos exibem um forte bandamento composicional, com intercalação de camadas brancas, centimétricas, ricas em carbonato, e camadas avermelhadas, com pontuações pretas, de composição foscorítica propriamente dita. O intervalo de variação composicional das amostras analisadas é ilustrado abaixo (Fig.5), indicando que se trata de foscoritos relativamente pobres em magnetita.

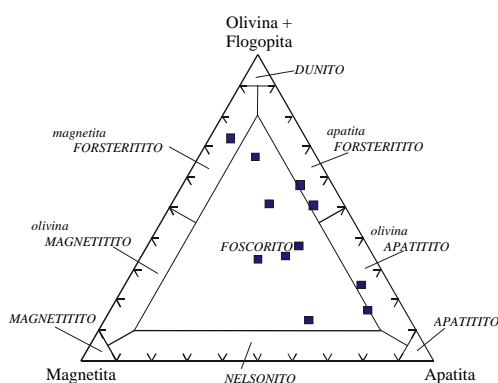


Figura 5. Diagrama de classificação de foscoritos.
Quadrados representam as amostras analisadas neste trabalho

As rochas da série foscorítica são as hospedeiras típicas da mineralização fosfática primária de Catalão I. O teor de apatita nas amostras estudadas varia de 15 a 70%. Todas as amostras analisadas contêm magnetita e flogopita, além da apatita, como minerais essenciais. Carbonato está sempre presente, tanto como veios quanto como material intersticial, mas geralmente ocorre em proporções menores que 10%. Dolomita geralmente predomina sobre calcita. Flogopita ocorre tanto como cristais primários quanto como agregados de granulação fina formando pseudomorfos sobre olivina (Fig. 6). Olivina ocorre como grandes cristais (cerca de 5 mm) de parcial a totalmente substituídos por serpentina e,

subordinadamente, por flogopita. Magnetita ocorre como cristais com dimensões semelhantes aos de olivina, e ambos estão imersos em uma matriz de apatita mais fina.

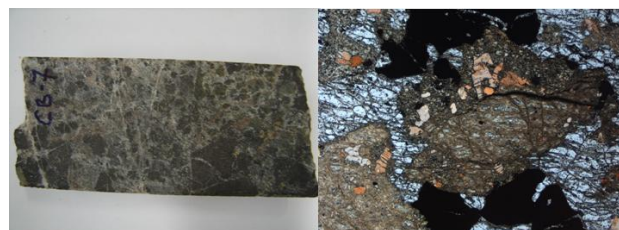


Figura 6. À esquerda, foscorito granular grosso; à direita seção mostrando pseudomorfos de olivina substituída por serpentina e, posteriormente, por flogopita; nicóis descruzados, largura do campo = 3,75 mm

Os carbonatitos de Catalão I, na maioria dos casos, são misturas de dolomita e calcita em proporções variáveis. Os carbonatitos ricos em calcita e dolomita apresentam diferenças fundamentais no modo de ocorrência da apatita, semelhantes aos descritos por Barbosa *et al.* (2004), para rochas similares do complexo de Salitre, MG.

Nos calcita carbonatitos, a apatita forma, predominantemente, cristais prismáticos curtos, com terminações arredondadas, disseminados na rocha. Mais raramente, ocorre associada com flogopita e magnetita, em pequenas faixas e lentes de composição foscorítica e nelsonítica e contornos difusos. As proporções modais de apatita são relativamente baixas, e a apatita caracteristicamente contém muitas inclusões fluidas e algumas inclusões de carbonato.

Nos carbonatitos dolomíticos, a apatita ocorre preferencialmente em bolsões monominerálicos, às vezes de contornos amebóides, sugerindo tratar-se de um produto de imiscibilidade de um líquido fosfático a partir do magma carbonatítico. Os teores de apatita nos carbonatitos dolomíticos são variáveis: as rochas portadoras de bolsões contêm entre 10 e 18% de apatita modal, mas um outro grupo é praticamente desprovido de apatita.

A Fig. 8 ilustra a composição dos carbonatitos analisados, em relação à calcita, dolomita e apatita. Existe uma ligeira tendência das proporções de apatita aumentar com a quantidade de dolomita presente, nos calcita carbonatitos.

Os flogopititos são mais escassos na área da mina, embora sejam abundantes no restante do complexo. Apresentam-se como domínios que variam em espessura desde poucos centímetros até alguns metros. Em muitos locais, apresentam estrutura brechóide, onde se podem notar núcleos de pseudomorfos de

olivina serpentinizados e flogopitizados, indicando que os flogopititos originaram-se por metassomatismo sobre dunitos e/ou piroxenitos primários. Em geral, os flogopititos ocorrem na porção leste da mina, afastando-se do núcleo foscorítico/carbonatítico, o que é consistente com o zoneamento litológico do domo, onde dominam nas bordas.

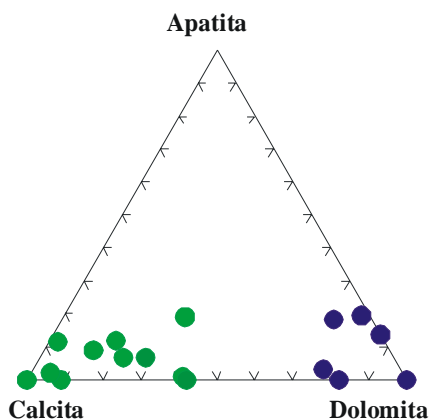


Figura 8. Variação composicional dos carbonatitos. Em verde, calcita carbonatitos e em azul dolomita carbonatitos

Brechas de conduto ocorrem disseminadas por toda área da mina, formando estruturas anelares ou semicirculares com uma orientação principal NW-SE, de maneira semelhante aos carbonatitos. As brechas apresentam cor marrom avermelhada, com manchas (xenólitos) de cor marrom escuro, preto e cinza claro (Fig. 9). Os xenólitos são muito variáveis em termos de grau de arredondamento, granulometria (desde decimétricos até milimétricos), e composição, representando uma grande variedade de litotipos do complexo. A matriz é de granulação muito fina, rica em flogopita e carbonato. As brechas são frequentemente cortadas por stockworks de vênulas milimétricas de carbonato (dominantemente dolomita), bordejadas por tetra-ferriflogopita. Nas imediações das vênulas, os cristais de olivina estão

serpentinizados no núcleo e flogopitizados nas bordas, com a serpentina está parcial a totalmente substituída por carbonato.

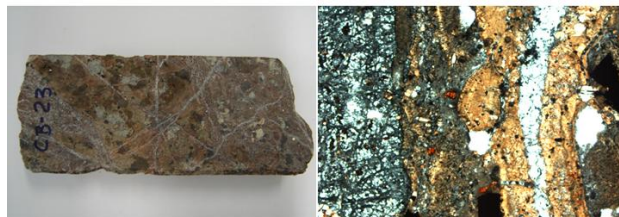


Figura 9. À esquerda, aspecto macroscópico da estrutura brechóide. À direita, vênula de carbonatito dolomítico bordejada por agregados de flogopita. Na lateral esquerda da foto há um núcleo de olivina que foi substituído por serpentina, e essa por carbonato; nicóis cruzados, largura do campo = 3,75mm

CONSIDERAÇÕES FINAIS A variação litológica no complexo é intensa e rápida, o que implica em grande heterogeneidade da mineralização primária, mesmo na escala de amostra de mão. Essa é uma característica não apenas das sondagens analisadas, mas do complexo de Catalão como um todo. Assim, não são esperadas ocorrências contínuas e extensas de rocha primária mineralizada e/ou estéril, o que levou à adoção do método de mapeamento por predominância de litotipos. Estruturas anelares tipo *ring dykes* muito nítidas foram reveladas com o mapeamento, possibilitando uma nova visão para o complexo.

Devido a grande quantidade de foscoritos na porção NW do domo, principalmente nas minas de fosfato da Copebrás e nas duas cavas de nióbio da Mineração Catalão, sugere-se adotar o nome de Complexo Foscorítico Carbonatítico Catalão I, como é utilizado em Kovdor, na Península de Kola (Krasnova *et al.* 2004b).

Agradecimentos Os autores agradecem a Copebrás Ltda pela possibilidade de estudos da área da mina e acesso aos furos de sondagem.

Referências

- BARBOSA E.S.R., BROD J.A., JUNQUEIRA-BROD T.C., GASPAS J.C., RIBEIRO C.C., BOAVENTURA G.R. 2004. Petrografia e geoquímica de carbonatitos do Complexo de Salitre, MG. 42 Congresso Brasileiro de Geologia, Araxá, MG, *Anais* – CD-ROM;
- BROD J.A., GIBSON S.A., THOMPSON R.N., JUNQUEIRA-BROD T.C., SEER H.J., MORAES L.C., BOAVENTURA G.R. 2000. The kamafugite-carbonatite association in the Alto Paranaíba Igneous Province, southeastern Brazil, *Revista Brasileira de Geociências*, **30** (3): 404-408.
- GIBSON S.A., THOMPSON R.N., LEONARDOS O.H., DICKIN A.P., MITCHELL J.G., 1995. The Late Cretaceous impact of the Trindade mantle plume - evidence from large-volume, mafic, potassic magmatism in SE Brazil. *J. Petrol.*, **36**:189-229.
- KRASNOVA N.I., PETROV T.G., BALAGANSKAYA E.G., GARCIA D., MOUTTE J., ZAITSEV A.N., WALL F. 2004a. Introduction to phoscorites: occurrence, composition, nomenclature and petrogenesis. In: WALL F. & ZAITSEV A.N. (eds), *Phoscorites and carbonatites from mantle to mine: the*



- key example of the Kola alkaline province.* Mineralogical Society. p. 45-74
- KRASNOVA N.I., BALAGANSKAYA E.G., GARCIA D. 2004b. Kovdor – classic phoscorites and carbonatites. In: WALL F. & ZAITSEV A.N. (eds), *Phoscorites and carbonatites from mantle to mine: the key example of the Kola alkaline province*. Mineralogical Society. p. 99-132
- LE MAITRE R.W. 2002. *Igneous Rocks: A classification and glossary of terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks*. 2nd Edition. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- PALABORA MINING COMPANY LIMITED MINE GEOLOGICAL AND MINERALOGICAL STAFF. 1976. The geology and the economic deposits of copper, iron, and vermiculite in the Palabora Igneous Complex: A brief view. *Economic Geology*, January-february, **71**(1):177-192
- RIBEIRO C.C., BROD J.A., GASPAR J.C., PETRINOVIC I.A., GRASSO C.B., JUNQUEIRA-BROD T.C. 2005. Textural evidence for liquid immiscibility in the kamafugite-carbonatite association: the alkaline-carbonatite complex of Catalão I, Alto Paranaíba Igneous Province. III Simpósio sobre Vulcanismo e Ambientes Associados, *Anais*, Cabo Frio, RJ, p. 137-141.