

CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DO MINÉRIO CARBONATÍTICO DE ELEMENTOS TERRAS RARAS DE CATALÃO I

MINERALOGICAL CHARACTERIZATION OF THE CATALÃO I CARBONATITIC RARE EARTH ELEMENTSORE

Gabriela Pereira Silva

Aluna de Graduação da Geologia 9º período, UFRJ
Período PIBIC: agosto de 2016 a julho de 2018
gabi_pereira_silva@hotmail.com

Reiner Neumann

Orientador, Geólogo, D.Sc.
rneumann@cetem.gov.br

Felipe Emerson André Alves

Orientador, Geólogo, M.Sc.
felipeemersonaalves@gmail.com

Resumo

O objetivo do trabalho consistiu na caracterização mineralógica de um carbonatito não alterado e enriquecido em magnesita do complexo carbonatítico Catalão I, com ênfase na identificação e quantificação dos minerais carreadores de elementos terras raras (ETR). A amostra inicial foi homogeneizada e quarteada para a separação de duas alíquotas: uma cabeça e outra destinada à classificação granulométrica (1000, 850, 600, 420, 300, 212, 150, 106, 75, 53 e 38 μm). A alíquota cabeça, o material retido nas peneiras e os finos (< 38 μm) foram analisados por espectrometria de fluorescência de raios x (FRX) edifratometria de raios x (DRX). As frações de 1000 a 38 μm foram analisadas por *mineral liberation analysis* (MLA) e separadas em meio denso com iodeto de metileno e bromofórmio. Todos os produtos da separação foram analisados por DRX e apenas os produtos afundado e intermediário foram analisados por FRX. A mineralogia deste carbonatito é composta por dolomita, magnesita, mica, magnetita, fluorapatita, quartzo, barita, isokita, norsethita, estroncianita, ankerita, lizardita, ilmenita, pirita, monazita, calcita, burbankita, esfalerita, galena, goethita, pirocloro, anfibólio, vermiculita, jarosita, kukharenkoita e carbocernaita. Os minerais carreadores de terras raras identificados foram monazita, kukharenkoita, fluorapatita, burbankita, pirocloro, carbocernaita, parisita, loparita e ancilita. O principal mineral carreador de ETR é a monazita, que está concentrada na fração abaixo de 38 μm e apresenta melhor liberação nas frações abaixo de 150 μm . Os principais ETR encontrados foram Ce, La e Nd, que apresentam concentrações gradativamente maiores nas frações mais finas do produto afundado e mantém regularidade nas frações do produto intermediário.

Palavras chave: Elementos terras raras, Catalão I, carbonatito.

Abstract

The objective of the present work is the mineralogical characterization of the fresh and magnesite-rich carbonatite from Catalão I carbonatite complex, aiming at the identification and quantification of the rare earth element minerals. The sample was homogenized and splitted to separate two aliquots: a head sample and another one to sieve-sized (1000, 850, 600, 420, 300, 212, 150, 106, 75, 53 e 38 μm). The head sample, the size fractions and fines (< 38 μm) were analysed by X-ray fluorescence (XRF) and X-ray diffraction (XRD). The size fractions between 1000 e 38 μm were analysed by mineral liberation analysis (MLA) and separated in methylene iodide and bromoform. All products from the separation were analysed by XRF and XRD. The heavy minerals concentrates and the products with intermediate density were analysed by XRF.

The sample is composed by dolomite, magnesite, mica, magnetite, fluorapatite, quartz, barite, isokite, norsethite, strontianite, ankerite, lizardite, ilmenite, pyrite, monazite, calcite, burbankite, sphalerite, galena, goethite, pyrochlore, amphibole, vermiculite, jarosite, kukharenkoite and carbocearnite. The major carrier of rare earth elements is monazite that is concentrated in the size fraction below 38 μm and presents better liberation below 150 μm . The main rare earth elements found are Ce, La and Nd. Their concentrations gradually increase in the finest granulometric fractions of the heavy minerals concentrates, but are regular along the different size-fractions of the product with intermediate density.

Keywords: Rare earth elements, Catalão I, carbonatite.

1. INTRODUÇÃO

O grupo dos elementos terras raras (ETR) é composto pelos 15 metais da série dos lantanídeos mais Y e Sc. Esses elementos são utilizados na fabricação de produtos de alta tecnologia comuns na indústria de energia renovável. Aproximadamente 51,4% dos recursos globais de óxidos de terras raras (OTR) encontra-se em depósitos carbonatíticos: 122,591 Mt pertencem à China, que domina o mercado mundial, enquanto o Brasil detém 47,111 Mt (Weng et al. 2015). Considerando a crescente demanda e visando a diminuição da dependência externa desses recursos, torna-se relevante o estudo de depósitos carbonatíticos.

O complexo carbonatítico Catalão I localiza-se a nordeste da cidade de Catalão, na região sudeste do Estado de Goiás, e pertence à Província Ígnea do Alto Paranaíba, que compreende também os complexos Catalão II, Serra Negra, Araxá, Tapira e Salitre. Catalão I apresenta mineralizações de nióbio, fosfato e elementos terras raras (Ribeiro et al. 2014). A caracterização do minério pode gerar dados que subsidiem a avaliação da possibilidade de recuperação de ETR como subproduto da exploração de nióbio e fosfato, que encontra-se em atividade.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho consistiu na caracterização mineralógica do minério carbonatítico não alterado e enriquecido em magnesita do Complexo Catalão I, com o objetivo de identificar e quantificar os minerais carreadores de elementos terras raras.

3. METODOLOGIA

Uma amostra inicial com cerca de 475 kg foi britada abaixo de 5 mm, homogeneizada e quarteada para a separação de duas alíquotas: uma cabeça e outra destinada à classificação granulométrica, que foi realizada via úmida com peneiras com abertura de 1000, 850, 600, 420, 300, 212, 150, 106, 75, 53 e 38 μm . A alíquota cabeça, o material retido nas peneiras e os finos (< 38 μm) foram analisados por espectrometria de fluorescência de raios x (FRX) e difratometria de raios x (DRX). As frações de granulometria, com exceção dos finos, foram analisadas por *mineral liberation analysis* (MLA) e separadas em meio denso com iodeto de metileno ($d=3,33$ kg/L) e bromofórmio ($d=2,89$ kg/L). Todos os produtos da separação foram analisados por DRX e apenas os produtos afundado e intermediário foram analisados por FRX.

As alíquotas para análise por DRX foram pulverizadas em moinho McCrone com 15 ml de água deionizada em um jarro plástico com meio moedor de ágata e secas em estufa à temperatura de 40°C. Os difratogramas foram adquiridos em um equipamento Bruker AXS D8 Advance Eco e interpretados qualitativamente com o *software* Bruker Diffraction EVA 4.1. A quantificação das fases minerais foi realizada a partir do método de Rietveld em *software* Topas versão 5.0.

A preparação das alíquotas para a análise química por FRX consistiu na moagem abaixo de 10 μm e na confecção de pastilhas prensadas e fundidas. As análises semiquantitativas foram realizadas em um espectrômetro por fluorescência de raios X Panalytical WDS-2 modelo AXIOS no modo *standardless*.

A aquisição dos dados de perda por calcinação foi realizada em um equipamento LECO TGA-701 por meio de um ensaio realizado com 3 pesagens ou em mufla a partir de 2 pesagens. Carbono foi quantificado por analisador elementar LECO SC-632.

As alíquotas analisadas por MLA foram embutidas em resina epoxy para a confecção de seções polidas. As análises foram realizadas em um microscópio eletrônico de varredura FEI Quanta 400 acoplado a um sistema de microanálise química por dispersão de energia (EDS) Bruker Quantax 800. As condições de análise foram alto vácuo e tensão de aceleração de elétrons de 25 kV com spot size 6,4.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A amostra é composta majoritariamente por CO_2 , MgO , CaO , FeO_t e SiO_2 . Os principais elementos terras raras identificados são Ce, La e Nd, que concentram-se nas frações abaixo de $75\mu\text{m}$. Os resultados da análise por DRX indicam que a mineralogia do carbonatito é composta por dolomita (42,9%), magnesita (14,1%), mica (11,5%), magnetita (5,4%), fluorapatita (4,6%), quartzo (3,3%), barita (2,6%), isokita (2,2%), norsethita (1,9%), estroncianita (1,9%), ankerita (1,9%), lizardita (1,5%), ilmenita (1,2%), pirita (1,2%), monazita (1,2%), calcita (0,8%), burbankita (0,7%), esfalerita (0,3%), galena (0,3%), goethita (0,2%) e pirocloro (0,1%). Os resultados obtidos por MLA indicaram também a presença de anfibólio (0,6%), vermiculita (0,1%), jarosita (0,1%), kukharenkoita (0,1%) e carbocernaita (0,1%). Os minerais carreadores de ETR identificados foram fluorapatita, monazita, burbankita, kukharenkoita, pirocloro e carbocernaita. Monazita e burbankita concentram-se na fração abaixo de $38\mu\text{m}$ e fluorapatita nas frações de 106 a $38\mu\text{m}$. O principal mineral carreador de ETR é a monazita, que contém mais de 90% do Ce, La e Nd da amostra. Seu espectro de liberação indica que partículas com alto teor de monazita (> 60%) e de monazita liberada (100%) concentram-se nas frações abaixo de $150\mu\text{m}$ (Figura 1).

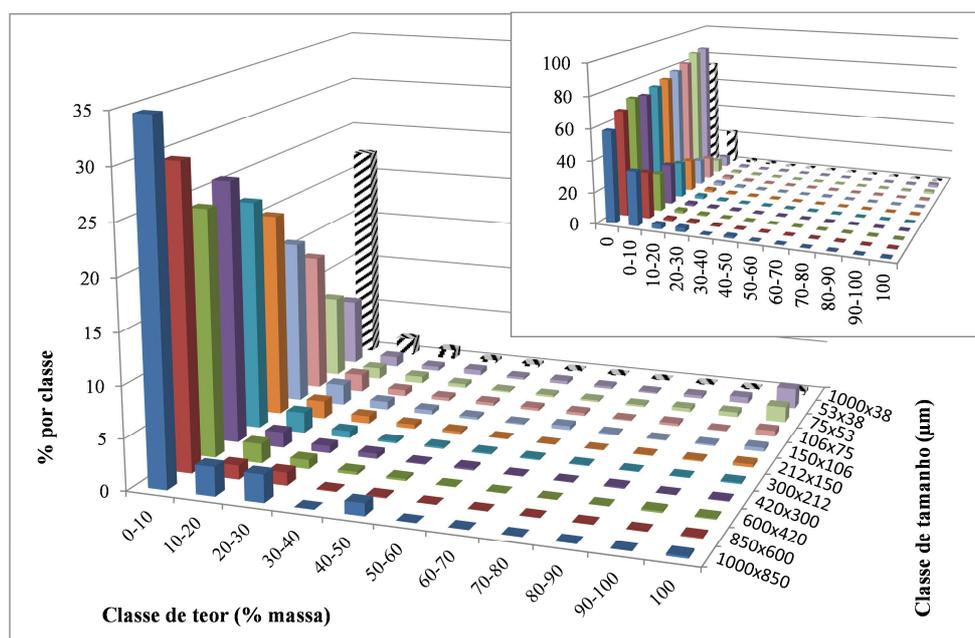


Figura 1: Espectro de liberação de monazita, condicional por tamanho.

Os principais minerais dos produtos afundados são magnetita, dolomita, pirita, barita, norsethita, ilmenita e magnesita. A correlação entre os resultados do refinamento pelo método de Rietveld e das análises químicas por FRX indicam que os principais carreadores de MgO e CO_2 são dolomita e magnesita, enquanto norsethita apresenta maior correlação com BaO (Figura 2). Também é verificada correlação entre as concentrações de estroncianita e SrO , ilmenita e TiO_2 e biotita e SiO_2 .

Os produtos intermediários são compostos majoritariamente por CO_2 , MgO , CaO , SiO_2 e FeO_t e os principais minerais são dolomita, magnesita, mica e fluorapatita. Nestes produtos, dolomita e

norsethita são os principais carbonatos carreadores de MgO e BaO, respectivamente (Figura 3). Magnesita, fluorapatita e mica não apresentam correlação direta com nenhum elemento.

Nos produtos afundados e intermediários, as concentrações de barita e pirita acompanham as variações de SO₃, indicando que o valor medido pela análise química por FRX é referente a S mais SO₃.

Os principais minerais dos produtos flutuados são dolomita, magnesita e mica e os únicos minerais carreadores de ETR identificados foram fluorapatita e burbankita.

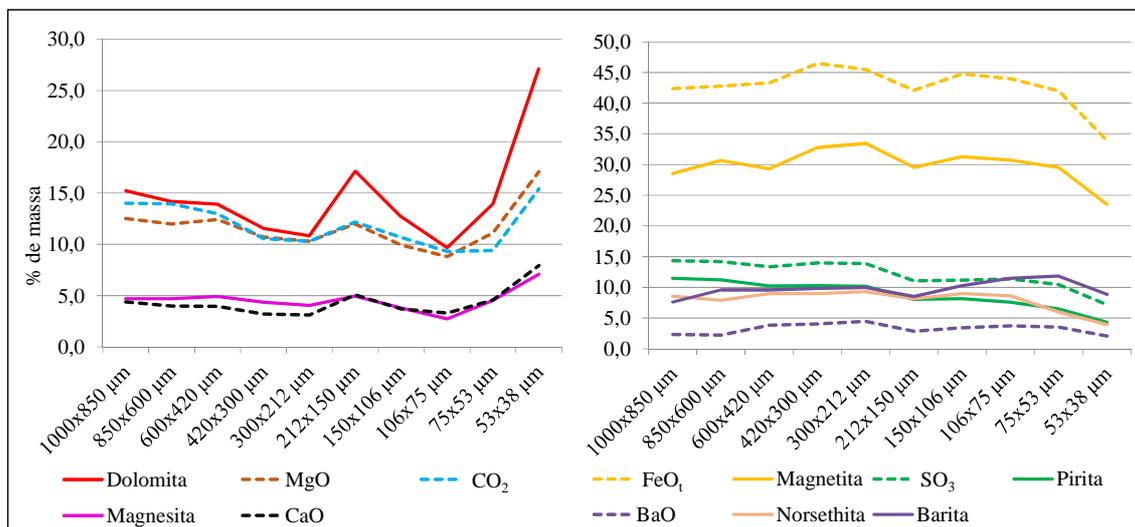


Figura 2: Variação das concentrações dos elementos majoritários dos produtos afundados.

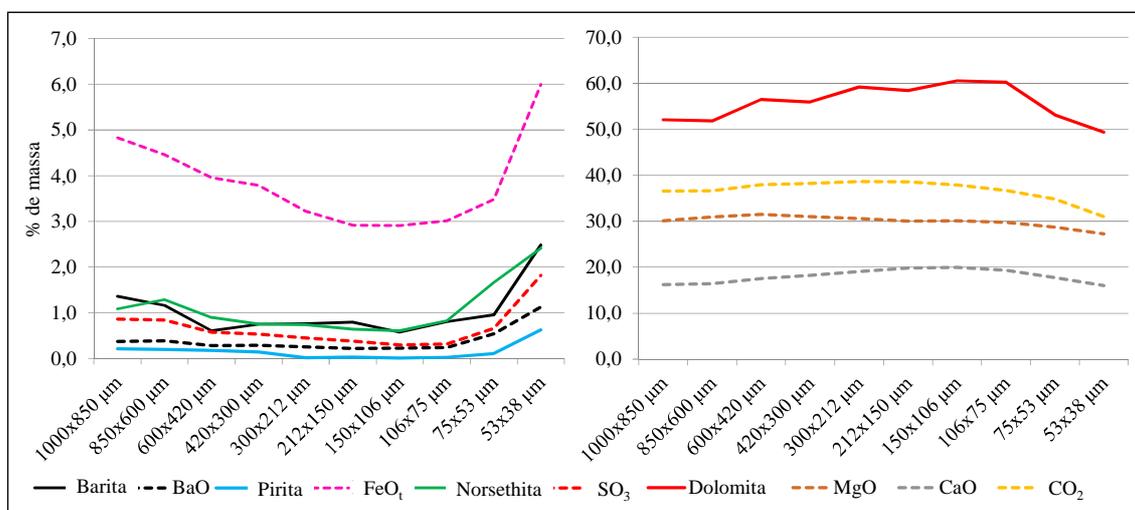


Figura 3: Variação das concentrações dos elementos majoritários dos produtos intermediários.

Além dos minerais carreadores de ETR previamente identificados na amostra cabeça, foi observada a presença de parisita, loparita e ancilita nos produtos afundados e intermediários. Os principais ETR identificados nestes produtos foram Ce, La e Nd. Gd foi detectado apenas nos produtos afundados. A Figura 4 ilustra a distribuição dos ETR e de seus carreadores ao longo das frações granulométricas nestes dois produtos. Essa distribuição indica que os teores destes elementos aumentam gradativamente nas frações de granulometria mais fina dos produtos afundados. Enquanto nos produtos intermediários, esses teores são regulares nas diferentes frações de granulometria.

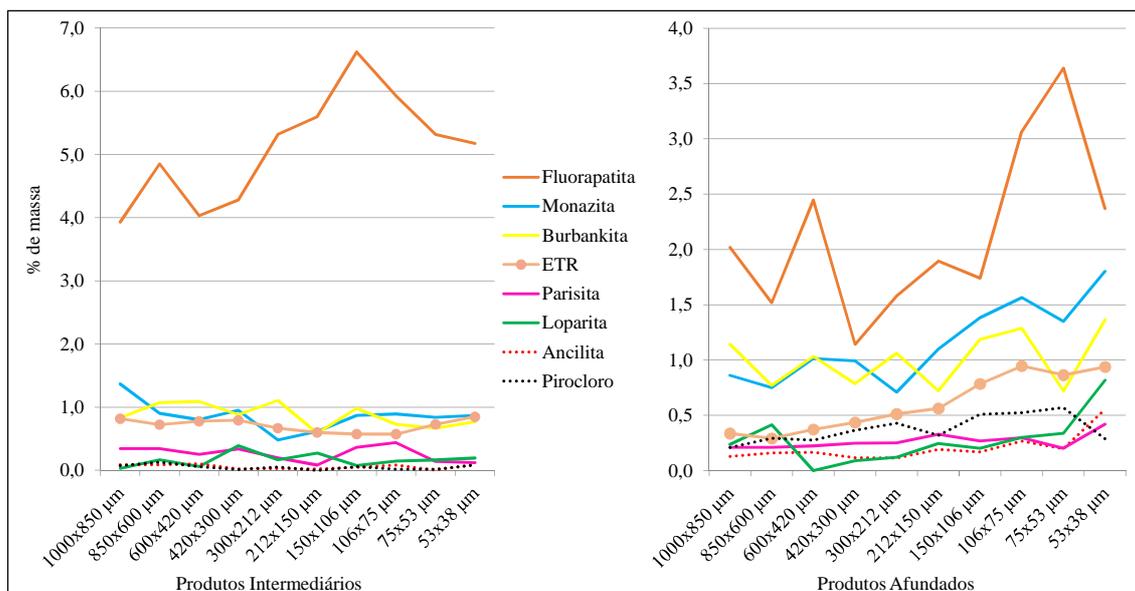


Figura 4: Variação das concentrações dos ETR e de seus carreadores nos produtos afundados e intermediários.

4 CONCLUSÕES

As análises indicam que osminerais carreadores de ETR do carbonatito são monazita, kukharenkoita, fluorapatita, burbankita, pirocloro, carbocernaita, parisita, loparita e ancilita. A monazita é o principal, concentrando-se nas frações abaixo de 38 µm e apresentando melhor liberação abaixo de 150 µm. Os principais ETR encontrados foram Ce, La e Nd que apresentam concentrações gradativamente maiores nas frações de granulometria mais fina dos produtos afundados e mantém regularidade ao longo das frações dos produtos intermediários.

5 AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus orientadores Reiner Neumann e Felipe Emerson André Alves pela oportunidade e paciência. Ao CETEM e à equipe do SCT pelo suporte ao longo da realização deste trabalho. Agradeço também à Niobras pelo envio das amostras e ao CRTI.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

WENG, Z.; JOWITT, S. M.; MUDD, G. M.; HAQUE, N. A detailed assessment of global rare earth element resources: opportunities and challenges. **Economic Geology**, v.110, n.8, p.1925-1952, 2015.

RIBEIRO, C. C.; BROD, J. A.; JUNQUEIRA-BROD, T. C.; GASPAR, J. C.; PALMIERI, M.; CORDEIRO, P. F. O.; TORRES, M. G.; GRASSO, C. B.; BARBOSA, E. S. R.; BARBOSA, P. A. R.; FERRARI, A. J. D.; GOMIDE, C. S. Potencial e controles metalogenéticos de ETR, Ti e Nb em províncias alcalino-carbonatíticas brasileiras. In: SILVA, M.G., ROCHA NETO, M.B., JOST, H., KUYUMJIAN, R.M. (Eds). *Metalogênese das Províncias Tectônicas Brasileiras*. 1 ed. Belo Horizonte, MG, Brasil: CPRM, 2014, p. 559–589.