

# **ESTUDO QUÍMICO DE MINERAIS DO GRUPO DO XENOTÍMIO NOS PEGMATITOS AO REDOR DA MINA DA VOLTA GRANDE, VISANDO ELEMENTOS TERRAS RARAS**

## **Taís Proença Cidade**

Aluna de Graduação da Geologia 9º período, UFRJ

Período CNPq: setembro de 2014 a julho de 2016

[tais\\_cidade@hotmail.com](mailto:tais_cidade@hotmail.com)

## **Reiner Neumann**

Orientador, geólogo, D.Sc.

[rneumann@cetem.gov.br](mailto:rneumann@cetem.gov.br)

## **Ciro Alexandre Ávila**

Orientador, geólogo, D.Sc.

[avila@mn.ufrj.br](mailto:avila@mn.ufrj.br)

## **Resumo**

O trabalho tem como objetivo estudar dois concentrados de minerais pesados oriundos de pegmatitos localizados ao redor da Mina do Volta Grande visando a identificação dos seus principais constituintes minerais, caracterização daqueles que são os carreadores dos elementos terras raras, dando ênfase nesse trabalho ao xenotímio dos corpos amostrados. A amostragem envolveu cerca de 20 kg de material dos corpos pegmatíticos, que em campo foram lavados, deslamados, peneirados e concentrados em bateia. O produto final concentrado na bateia que foi processado com ultrassom, bromofórmio ( $d=2,89$  kg/L), iodeto de metileno ( $d= 3,32$  kg/L), imã de ferrite e no separador magnético isodiâmico Frantz (0,3, 0,5, 0,6, 0,8, 1,0, 1,5 e 2,0A) visando a separação dos minerais para- e diamagnéticos por susceptibilidade magnética, para descrição mineralógica do concentrado e a separação de grãos específicos para estudo por estereomicroscopia, espectroscopia Raman e MEV-EDS. Foram encontrados preliminarmente no pegmatito Ribeirão dos Mosquitos: ilmenita, columbita-tantalita, granada, xenotímio, monazita, epidoto, cassiterita, gahnita, pirita, zircão, microlita, fenacita, espodumênio, óxido de Fe e turmalina; e no pegmatito Taís 2: ilmenita, granada, óxido de Fe, epidoto, columbita-tantalita, monazita, gahnita, zircão, rutilo, diopsídio e apatita. Os minerais encontrados com ETR na sua composição são monazita, xenotímio e apatita. Xenotímio-(Y) também carrega teores relativamente elevados de ETR médios (Sm – 1,3% e Gd – 4,8%) e pesados (Dy – 4,9%) .

**Palavras chave:** Pegmatito, xenotímio, elementos terras raras.

## **CHEMICAL STUDY OF XENOTIME GROUP OF MINERALS IN PEGMATITES AROUND VOLTA GRANDE, TARGETING RARE EARTH ELEMENTS.**

### **Abstract**

The work aims to study two concentrates of heavy minerals derived from pegmatites located around the Volta Grande Mine for the identification of its main mineral constituents, characterization of the rare earth elements carriers, with focus on xenotime. Sampling involved about 20 kg of material of saprolite from the pegmatites,

washed, deslimed and panned in the field to concentrate heavy minerals. The final concentrates were sonicated and processed in bromoform (S.G. = 2.89), methylene iodide (S.G.= 3.32), ferrite hand magnet and Frantz isodynamic magnetic separator (0, 3, 0.5, 0.6, 0.8, 1.0, 1.5 and 2.0A) aimed at separation of para- and diamagnetic minerals by magnetic susceptibility. All products were studied by stereomicroscope, Raman spectroscopy and SEM-EDS. Preliminarily mineralogy of the Ribeirão Mosquitos pegmatite: ilmenite, columbite-tantalite, garnet, xenotime, monazite, epidote, cassiterite, gahnite, pyrite, zircon, microlite, phenakite, spodumene, iron oxide and tourmaline; and pegmatite Taís 2: ilmenite, garnet, iron oxide, epidote, columbite-tantalite, monazite, gahnite, zircon, rutile, diopside and apatite. The REE bearers are monazite, xenotime and apatite. Xenotime-(Y) also carries relatively high levels of medium (Sm - 1.3% and Gd - 4.8%) and heavy REE (Dy - 4.9%) .

**Keywords:** pegmatite, xenotime, rare earths elements.

## 1. INTRODUÇÃO

Os corpos pegmatíticos estudados fazem parte da Província Pegmatítica de São João Del Rei (Francesconi, 1972), que ocupa uma área de cerca de 70 por 20 km<sup>2</sup> e abrange os municípios desde Nazareno à Coronel Xavier Chaves, na porção centro-sul do estado de Minas Gerais. Na porção mais próxima a Nazareno são encontrados os corpos mais litiníferos (mineralizados com cassiterita, tantalita e microlita) denominados de enxame de pegmatitos do Volta Grande (LOUBACK *et al.*, 2014). Como na área os pegmatitos da mina são todos litiníferos, acredita-se que corpos aflorantes próximos a ela possuem gênese similar, e conseqüentemente mineralogia semelhante àqueles explorados pela AMG Mineração. Esses corpos possuem como encaixantes rochas metamáficas, metaultramáficas e ortognaisses e são temporalmente relacionados ao metagranitóide Ritópolis, cuja idade de cristalização varia entre 2149 ± 10 Ma e 2121 ± 7 Ma (Pereira *et al.*, 2011).

O grupo do xenotímio apresenta fórmula geral AXO<sub>4</sub> e é representado por nove minerais, onde o sítio X pode corresponder a P, V e As, enquanto o sítio A pode ser ocupado por Y, Yb, Bi, Sc, Ce, La, Nd, sendo que os principais representantes desse grupo são xenotímio-(Y) (YPO<sub>4</sub>) e xenotímio-(Yb) (YbPO<sub>4</sub>) (Foster *et al.*, 2012). O interesse no estudo dos minerais do grupo do xenotímio nos pegmatitos ao redor da Mina do Volta Grande decorre da ocorrência de elementos terras raras (ETR) e seu potencial econômico para futuro beneficiamento.

Este trabalho integra o projeto “Caracterização tecnológica dos minérios e rejeitos dos pegmatitos da Mina do Volta Grande em São João del Rei, Minas Gerais, visando recuperação de minerais de terras raras como subprodutos” (edital MCTI/CNPq/CT-Mineral 76/2013).

## 2. OBJETIVOS

O objetivo é a caracterização mineralógica de concentrados de bateia dos pegmatitos Ribeirão dos Mosquitos (VG-13) e Taís 2 (VG-10) obtidos através de trabalho de campo próximo à Mina da Volta Grande, bem como outros corpos da província, com foco nos minerais que são carreadores de elementos terras raras, e nos minerais de interesse econômico da mina para possível recuperação destes. Nesse trabalho é dada

ênfase ao grupo do xenotímio, que contém ETR, principalmente Y e pesadas, na sua estrutura.

### 3. METODOLOGIA

Foi executada uma etapa de reconhecimento prévio das áreas onde se encontravam os pegmatitos, com auxílio de geólogo e técnico da Mina da Volta Grande e de um garimpeiro da região. Foi feita coleta de aproximadamente 20 kg de material de cada pegmatito amostrado, que foram deslamados, peneirados e concentrados em bateia visando a separação dos minerais pesados ainda em campo. A massa obtida foi processada no ultrassom e submetida ao processo de separação em meio denso, com iodeto de metileno ( $d= 3,32$  kg/L), e as frações flutuadas foram passadas em bromofórmio ( $d=2,89$  kg/L). A fração flutuada em bromofórmio foi arquivada. Ambas frações afundadas foram submetidas a separação com imã de ferrite, e as frações ferromagnéticas foram arquivadas. Os produtos não-ferromagnéticos das frações afundadas do iodeto de metileno passaram por nova separação magnética utilizando-se o separador magnético isodinâmico Frantz, com as seguintes correntes nas bobinas: 0,3, 0,5, 0,6, 0,8, 1,0, 1,5 A, máximo ou 2,0 A, gerando as frações atraídas a cada corrente, mais a não atraível (NA); os do bromofórmio foram separados usando-se 0,3, 0,5 e 0,8 A nas bobinas. Todos os minerais presentes nos produtos foram identificados em microscópio estereoscópico, com apoio de espectroscopia Raman em caso de dúvida, descritos e fotografados. Foi utilizado um microscópio estereoscópico Zeiss e um espectrômetro Raman Horiba Jobin Yvon Labram HR800 acoplado a um microscópio petrográfico Olympus BX41, usando-se laser verde ( $\lambda=514$  nm). Após identificação por microscopia e espectroscopia Raman, os grãos de ilmenita, granada, columbita-tantalita, gahnita, xenotímio, monazita, zircão e cassiterita foram embutidos em resina, desbastados e polidos. As secções polidas foram recobertas por carbono condutor, para análise ao microscópio eletrônico de varredura (MEV – FEI Quanta 400) acoplado a espectrômetro de fluorescência de raios X por dispersão de energia (EDS – Bruker Nano Quantax 800), operado a 20 kV e *spot size* 5. Além de imagens de elétrons retro-espalhados (cujo nível de cinza é proporcional ao número atômico médio), também foram produzidas análises químicas pontuais. O equipamento foi calibrado com padrão de cobre de pureza 99,995%. O tempo de aquisição de espectro para o padrão e para as amostras em cada análise foi de 60 segundos.

### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

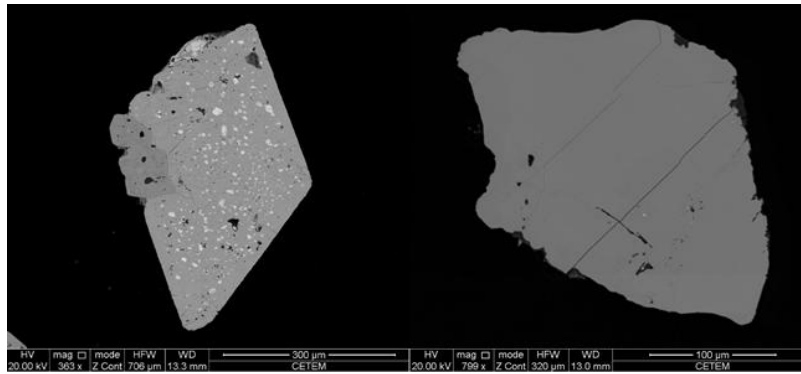
A mineralogia dos diferentes produtos da separação magnética para os dois pegmatitos descritos é dada pelas Tabelas 3 e 4.

**Tabela 3**– Minerais identificados por estereomicroscopia e espectroscopia Raman nos pegmatitos Taís 2/ VG-10 e Ribeirão dos Mosquitos/VG-13 (tr= traços).

Meio Denso (kg/L)	Corrente (A)	VG-10	VG 13
<b>Iodeto de metileno</b>	<b>0,3</b>	Ilmenita, granada alterada, granada rosa (tr), óxido de Fe.	Ilmenita, columbita-tantalita (tr), granada alterada, granada rosa (tr).
	<b>0,5</b>	Granada alterada, granada rosa (tr), epídoto (tr), columbita-tantalita.	Xenotímio, columbita-tantalita, ilmenita (tr).
	<b>0,6</b>	Granada alterada, monazita, gahnita (tr), columbita-tantalita (tr), óxido de Fe, epídoto (tr).	Monazita (tr), epídoto (tr), columbita-tantalita, xenotímio (tr), cassiterita (tr).
	<b>0,8</b>	Gahnita (tr), óxido de Fe, monazita, zircão, columbita-tantalita (tr).	Monazita, columbita-tantalita, gahnita (tr), ilmenita, cassiterita, pirita (tr).
	<b>1,0</b>	Granada alterada, columbita – tantalita.	Cassiterita, gahnita (tr), columbita-tantalita.
	<b>1,5</b>	Monazita, columbita-tantalita, zircão.	Columbita-tantalita, zircão, cassiterita, microlita(tr)
	<b>Máx. Não-atraível</b>	Zircão. Óxido de Fe (tr), zircão, columbita-tantalita (tr), rutilo (tr).	Columbita-tantalita, cassiterita, zircão (tr). Cassiterita, zircão.
<b>Bromofórmio</b>	<b>0,3</b>	Granada alterada, granada rosa, ilmenita, columbita-tantalita.	---
	<b>0,5</b>	Granada alterada, granada rosa, ilmenita, columbita-tantalita.	Fenacita (tr), quartzo (tr), granada alterada, granada rosa (tr), ilmenita, columbita-tantalita, monazita, turmalina (tr), espodumênio (tr).
	<b>0,8</b>	Granada, ilmenita, diopsídio(tr), monazita, grão alterados (óxido) (tr), columbita-tantalita, turmalina (tr).	---
	<b>Não-atraível</b>	Zircão, óxido de Fe (Tr), muscovita (Tr), apatita (Tr).	Muscovita, cassiterita, óxido de Fe (tr), zircão, xenotímio, granada rosa (Tr), gahnita (tr), quartzo(tr).

Dos minerais identificados, monazita e xenotímio contém ETR como elemento principal. Xenotímio é o foco desse trabalho, enquanto ilmenita, granada, columbita, gahnita, monazita, microlita, apatita, zircão e cassiterita estão sendo analisados por outros integrantes do projeto.

O xenotímio em estereomicroscópio apresenta tamanho entre 0,2 e 2 mm, sendo encontrado principalmente nos produtos magnéticos a 0,5 A e 0,6 A do Frantz (Tabela 3), e mais raramente nas frações 0,3 A e 0,8 A. Predominam fragmentos de grãos translúcidos e isotrópicos, com brilho resinoso e tonalidade desde amarelada até amarronzada, porém quando os grãos estavam preservados observava-se cristais tetragonais com base quadrada típica. Ocorre muitas vezes intercrescido com zircão, apresenta fraturas irregulares e não possui clivagem. Como pode ser observado na Figura 1-A, o xenotímio apresenta grãos predominantemente fraturados e porosos, mas também raros grãos homogêneos (Figura 1-B), ambos os tipos com inclusões micrométricas que podem ser de K-feldspato, torita, torianita, coffinita, galena, uraninita, monazita, fluorapatita, granada da variedade almandina e zircão. As inclusões de silicatos e óxidos de Th e U mostram teores muito próximos destes dois elementos. É observado ainda o zircão aparecendo como intercrescimento (Figura 1-A). Composicionalmente os grãos classificam-se em Xenotímio-(Y), destacando-se a presença de elementos ETR médios (Sm – 1,3% e Gd – 4,8%) e pesados (Dy – 4,88%). Foram detectados teores menores de F, Tb, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, U, Th, Pb e Sc.



**Figura 1** – A) Grão de xenotímio fraturado e poroso com intercrescimento de zircão e inclusões de thorita. B) Grão de xenotímio homogêneo e fraturado com inclusão de coffinita.

## 5 CONCLUSÕES

As análises mostraram até então que os minerais carreadores de ETR nos pegmatitos Taís 2 (VG-10) e Ribeirão dos Mosquitos (VG-13) são a monazita e xenotímio. O xenotímio possui principalmente em sua composição o Y e o P, teores elevados de ETRs médios e pesados, além da presença de outros elementos compatíveis e incompatíveis.

## 6 AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao CNPq pela bolsa de iniciação científica, aos meus orientadores Reiner Neumann e Ciro Alexandre Ávila pela oportunidade de aprendizado e todo novo conhecimento que está sendo obtido, ao CETEM e toda equipe do laboratório pela ajuda e paciência e a todos os amigos que participam do projeto pelo ótimo trabalho em grupo realizado.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FRANCESCONI, R. **Pegmatitos da região de São João del Rey, MG.** 1972. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade de São Paulo (Brasil), 170p.

PEREIRA, R.M.; RODRIGUES, D.; ÁVILA, C.A. & NEUMANN, R. C. 2011. **Stockscheider quartzo-moscovíticos e pegmatíticos na zona de cúpula do granitóide Ritópolis, região de São João del Rei, Minas Gerais.** Anuário do Instituto de Geociências, v.34-1, 2011/1.

LOUBACK, V. ; ÁVILA, C. A. ; NEUMANN, R. **Inclusões Sólidas e composição química da gahnita dos pegmatitos da Província Pegmatítica de São João Del Rei, Minas Gerais.** XXXVI Jornada Giulio Massarani de Iniciação Científica, Artística e Cultural (JICTAC-2014). Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <[https://jic.if.ufrj.br/?page\\_id=495](https://jic.if.ufrj.br/?page_id=495)> Acesso em 20 jun. 2015.

BOATNER, L. A. **Properties of rare-earth-, Sc-, and Y-orthophosphates.** In: **Reviews in Mineralogy & Geochemistry.** Phosphates – Geochemical, Geobiological, and Materials Importance, v. 48, p. 87-90.

FOSTER, H. J. **Composition and origin of intermediate solid solutions in the system thorite–xenotime–zircon–coffinite.** Lithos, v. 88, p. 35-55, 2012.