

CARACTERIZAÇÃO DE ROCHA FRESCA EM DEPÓSITO CARBONATÍTICO PARA ESTUDO DE DESENVOLVIMENTO DE ROTA TECNOLÓGICA PARA CONCENTRAÇÃO DO FOSFATO

Beatriz Pinheiro Dias¹; Luan do Nascimento de Moura²; Caroline Henrique de Souza Borba²; Amanda Barreto Soares²; Sheila Schuindt do Carmo²; Victor Teixeira da Silva Aragão³.

¹ Bolsista; PD&I nível 2 – EMBRAPII/SEBRAE; beatriz.bpd@gmail.com;

² Colaboradores; SENAI CIMATEC, Salvador – BA;

³ Líder Técnico; SENAI CIMATEC; Salvador - BA; victor.aragao@fieb.org.br

RESUMO

O fósforo é um elemento químico presente em rocha fosfática e é considerado um excelente fertilizante aplicado em adubação agrícola. Neste projeto, diferentemente de se caracterizar rochas oxidadas contendo fosfato, algo que já é comumente aplicado nas indústrias, objetivou-se caracterizar uma rocha fresca, a fim de se extrair fosfato de rochas ainda não extraídas ou pouco extraída por parte da empresa, no caso, de rocha fresca. Através dos métodos de caracterização por espectroscopia, cristalografia e morfologia da amostra de rocha fosfática fresca, torna-se possível o desenvolvimento de rotas tecnológicas para a extração para concentração do fosfato. Pelos resultados alcançados, oriundos de análises de caracterização, pode-se observar que, a rocha estudada tratava-se de uma rocha carbonatítica de cálcio silicatada e que em faixa granulométrica de *mesh* 150, a apatita presente na rocha, estava em forma de fluorapatita liberada, ou seja, facilitaria a concentração do fosfato. Além desses resultados, também se buscou traços de elementos terra rara. Em resposta a análise de catodoluminescência, para análise de elemento terra rara, positivou-se a presença em traços de elementos terra rara na rocha estudada.

PALAVRAS-CHAVE: Beneficiamento; Extração de fosfato; Fluorapatita.

1. INTRODUÇÃO

O fosfato (P_2O_4)³⁻ é um mineral vastamente aplicado como fertilizante, logo a cobiça por esse mineral se dá por ser a principal matéria-prima de quase todos os fertilizantes produzidos no mundo, por consequência, tem-se uma alta procura e um mercado aquecido.¹ A maioria dos depósitos realiza a extração do fosfato em rocha oxidada, ou seja, em rochas mais superficiais, entretanto, muitas empresas já vem buscando a extração em rocha fresca,^{2,3} como forma de usufruir amplamente de todo o depósito, pois, em rocha fresca também encontra-se minério fosfatado, este que, por muitas vezes, é desperdiçado por falta de um estudo mais detalhado voltado ao beneficiamento deste tipo de fosfato neste tipo de rocha.^{4,5}

O objetivo principal deste trabalho é realizar a caracterização espectroscópica, cristalográfica e morfológica de uma amostra de rocha fresca fosfatada. Essa caracterização é essencial para o futuro desenvolvimento de uma rota tecnológica eficiente para a concentração de fosfato. Com base nos resultados obtidos, será possível criar uma rota tecnológica que seja adequada às características e propriedades específicas do minério em análise. Espera-se que essa abordagem resulte em reduções significativas de tempo, mão de obra e esforços no processamento da rocha, o que, por sua vez, se traduzirá em redução de custos associados a esse processo.

2. METODOLOGIA

Para este projeto, foi essencial obter uma amostra representativa de 500 g retirada diretamente do depósito para fins de testes e análises. Essa amostra foi obtida de um testemunho de sondagem, passando por processos de homogeneização e quarteamento. Dependendo da técnica de caracterização utilizada, a amostra foi submetida a uma cominuição com uma faixa granulométrica específica requerida pela técnica em questão.

Na Espectrometria de Fluorescência de Raio-X (FRX), a amostra foi reduzida a uma granulometria de 150 *mesh* e posteriormente prensada, sendo então analisada em alto vácuo utilizando o método quali-quantitativo. Para a Difração de Raio-X (DRX), a amostra foi cominuída até atingir uma granulometria de 500 *mesh*, visando mitigar possíveis interferências de difração em planos cristalinos maiores que poderiam afetar a quantificação da amostra. Nessa técnica, empregou-se a metodologia de análise *Rietveld*, realizando refinamentos no difratograma para a quantificação da amostra. A faixa de varredura utilizada foi de 0,008°, com uma corrente de 10 mA e uma voltagem de 30 kV, cobrindo um ângulo de varredura (2θ) de 0° a 100°. Quanto à análise por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), a alíquota da amostra foi cominuída até atingir uma granulometria de 150 *mesh*, sendo posteriormente, embutida em resina epóxi à frio e recoberta por uma película de fina de carbono para melhorar as imagens no microscópio. Foi feita análise em alto e

baixo vácuo, além de análise de catodoluminescência para investigar traços de possíveis minerais do tipo terra rara.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise química do material, ou seja, o resultado obtido pelo FRX, apresentou um depósito com teor total de P_2O_5 de 10,23%. Além disso, apontou outros elementos que está exposto na Tabela 1. Pelo resultado descrito, percebe-se que se trata de um depósito com uma concentração elevada de cálcio (CaO), em torno de 24%, bem como uma elevada concentração de SiO_2 , Fe_2O_3 e MgO, valores esses, inclusive, acima da porcentagem de P_2O_5 . Apresentados os resultados abaixo (Tabela 1), pode-se inferir que esse depósito pertence a uma classificação geológica do tipo carbonático de cálcio silicatado.⁶

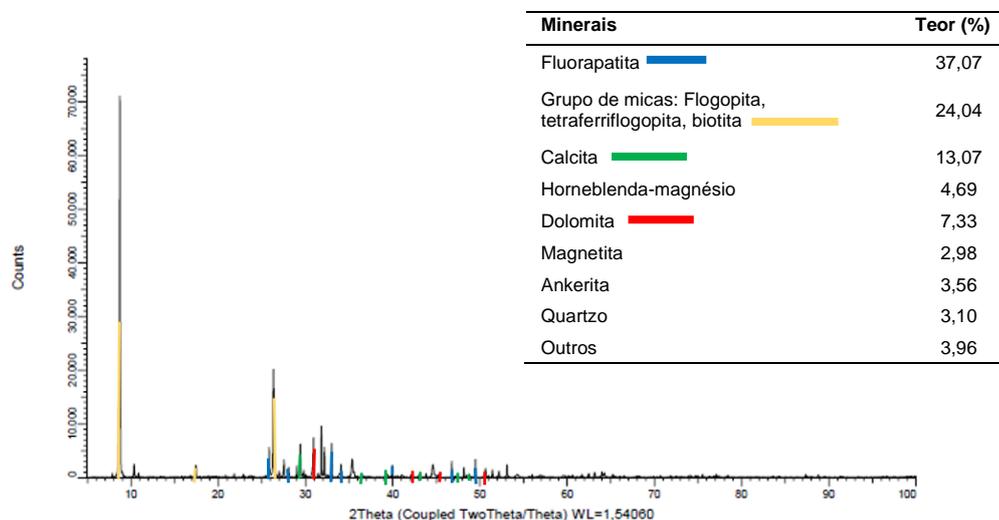
Tabela 1: Análise química por fluorescência de raios X (resultado em % de massa)

Elementos	CaO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	MgO	P ₂ O ₅	K ₂ O	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Outros
%	24,97	23,69	15,37	12,72	10,23	5,15	3,04	1,92	2,91

Fonte: SENAI CIMATEC (2023)

Na difração de raios X, identificou-se a presença da apatita na forma de fluorapatita de cálcio, com a fórmula química $Ca_5(PO_4)_3F$ e uma estimativa em percentual de 37,07%. Além disso, verificou-se a existência de micas, como a flogopita e demais micas portadora de Fe, como é o caso da tetraferroflogopita ($Fe^{3+}_2Si_4(OH)_2O_{10}$) e a biotita ($K(Mg, Fe^{2+})_3[AlSi_3O_{10}(OH,F)_2]$). Apesar da biotita não ser comum na região de Catalão (GO), notou-se que ocorreu nesta localidade algumas mudanças geológicas anômalas durante a formação do depósito que pode justificar essa presença de mineral, deixando essa característica particular desse depósito.⁷ A Figura 1 apresenta o difratograma do depósito com a presença das fases cristalinas. O resultado de DRX corrobora com o os resultados colhidos pelo FRX, mostrando uma concordância entre os resultados.

Figura1: Difratograma de raios X ($2\theta=0^\circ$ a 100°) e quantificação das fases cristalinas

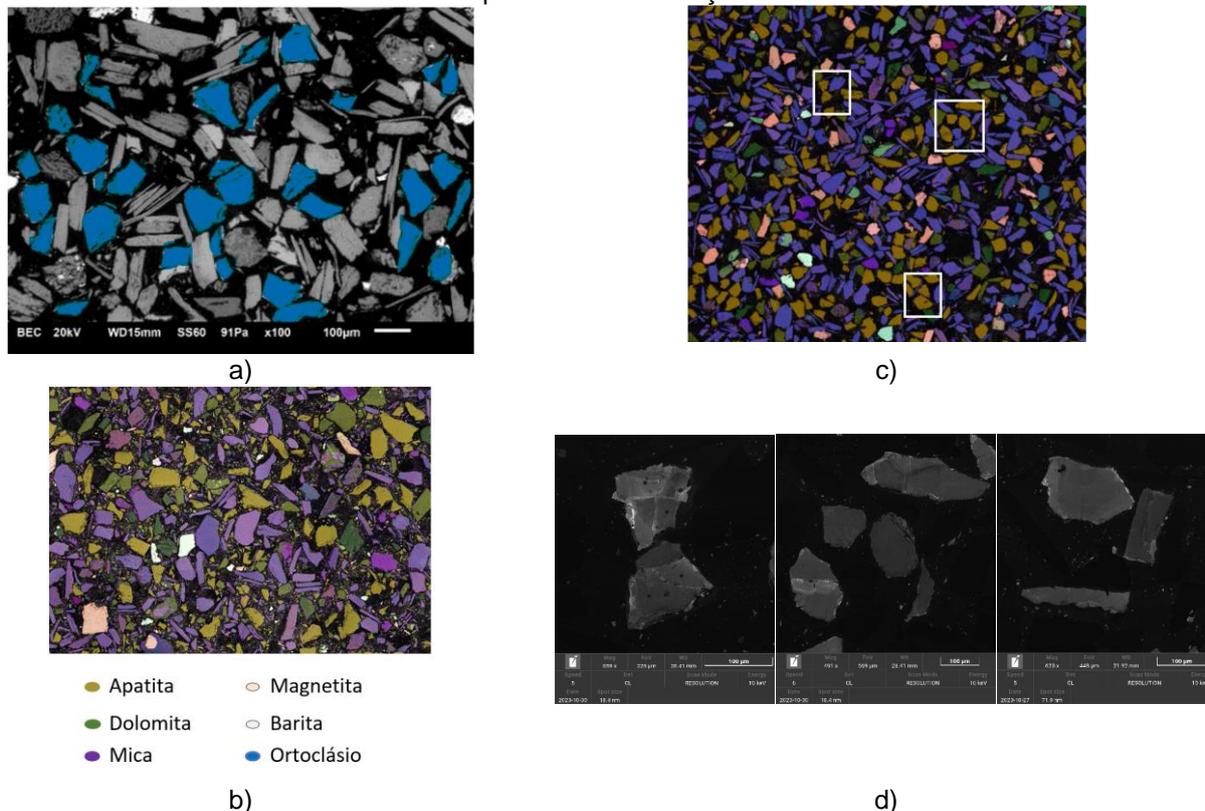


Fonte: SENAI CIMATEC (2023)

Para entendimento da morfologia mineral, foi realizado microscopia eletrônica de varredura. Nesta técnica, observou-se as associações de fases no mineral, bem como a distribuição dos grãos de fluorapatita em faixa granulométrica de 150 mesh. Os grãos de fluorapatita estavam majoritariamente liberados, acima de 80% dos grãos liberados, quantificado através da análise de liberação mineral. Observou-se também algumas poucas associações com fases minerais, como a dolomita e a mica. Os grãos de barita ($BaSO_4$) e magnetita (Fe_2O_3) encontrados, estavam liberados e sem associações com a apatita. Com a Figura 2b, demonstra essas associações e a liberação da fluorapatita. Além disso, constatou-se a superioridade da quantidade de dolomita e micas na amostra. Na Figura 2c, apresenta-se uma análise de espectroscopia de catodoluminescência, realizada a fim de identificar traços de elementos terras raras (ETR) nos grãos de fluorapatita, comum em depósitos apatíticos. Como já esperado, traços de Ce, La e Nd foram encontrados

em proporções de 0,09%, 0,05% e 0,03%, respectivamente. Na Figura 2d, os grãos de fluorapatita contendo ETR.

Figura 2: a) Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) com os grãos de fluorapatita coloridos em azul; b) Micrografia cromatizada obtida por MEV, c) Espectroscopia de catodoluminescência cromatizado e d) Grãos de fluorapatita contendo traços de ETR



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados destacam a importância das análises de caracterização em minerais de interesse tecnológico. O depósito abordado neste estudo é de um mineral que recebeu pouca investigação por parte da empresa responsável, já que o foco estava na rocha oxidada e não na rocha fresca que contém o mineral. Portanto, a caracterização dessa amostra era essencial. Por meio das análises de difração de raio X, análise química, microscopia eletrônica de varredura e catodoluminescência, confirmou-se que se trata de um depósito de carbonato de cálcio silicatado, com uma grande quantidade de dolomita e uma presença significativa de micas, principalmente aquelas com teor de Fe. Além disso, a catodoluminescência revelou a presença de elementos de terras-raras, em traços. As análises também indicaram a presença predominante de fluorapatita no depósito, com partículas desse mineral predominantemente liberadas em 150 mesh, o que sugere uma possível facilitação no processo de beneficiamento do fosfato.

5. REFERÊNCIAS

- ¹Bedin I, Furtini Neto AE, Resende A V, Faquin V, Tokura AM, Santos JZL. **Fertilizantes fosfatados e produção da soja em solos com diferentes capacidades tampão de fosfato (1)** R. Bras. Ci. Solo, 27:639-646, 2003.
- ²Shariati S, Ramadi A, Salsani A. **Beneficiation of low-grade phosphate deposits by a combination of calcination and shaking tables: Southwest Iran.** Minerals. 2015;5(3):367-379. doi:10.3390/min5030367.
- ³Sobhy A, Tao D. Innovative RTS technology for dry beneficiation of phosphate. In: **Procedia Engineering**. Vol 83. Elsevier Ltd; 2014:111-121. doi:10.1016/j.proeng.2014.09.020.
- ⁴Guimarães, B. et al., **Desenvolvimento de Processos Para Rochas Fosfáticas**, 2005.
- ⁵Heydarpour T, Rezai B, Gharabaghi M. **A kinetics study of the leaching of a calcareous phosphate rock by lactic acid.** Chemical Engineering Research and Design. 2011;89(10):2153-2158. doi:10.1016/j.cherd.2010.12.011.
- ⁶Crystallographica A, Maslen EN, Streltsov VA, Streltsova NR. **Electronic archive document Structural Science.**
- ⁷M DE, Sérgio E. R., Wilson R. F., Marcel A. D, P, Olímpio S. **Ministério de minas e energia. Secretaria de minas e metalurgia. Governo do estado de Goiás. Secretaria de minas, energia e telecomunicações do estado de Goiás. Superintendência de geologia e recursos minerais.**