

## ANÁLISE ELEMENTAR E DE RADIAÇÃO NATURAL PARA AMOSTRAS DE FOSFOGESSO

Emilly S. Soares, Marcilei A.S. Guazzelli, Jessica F. Curado  
 Departamento de Física, Centro Universitário FEI  
 emillysoares@outlook.com; jcurado@fei.edu.br

**Resumo:** Este trabalho tem como objetivo determinar e avaliar a concentração de elementos químicos presentes em amostras de fosfogesso das indústrias VALE Fertilizantes S.A. Através da técnica de Fluorescência de Raios X, foram identificados 14 elementos químicos, entre eles, elementos da matriz Ca e S. A técnica de Espectrometria de Raios Gama foi utilizada para verificar a presença de radionuclídeos, tendo sido identificada a presença de  $^{232}\text{Th}$  e  $^{238}\text{U}$  acima da faixa estabelecida para a exposição humana.

### 1. Introdução

Fosfogesso é o nome dado ao resíduo gerado na produção de ácido fosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) nas indústrias de adubo e fertilizantes fosfatados [1]. Ele é formado a partir da reação do concentrado de rocha fosfática e o ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) em meio aquoso. Sua produção representa um grande passivo ambiental, sendo necessário criar um destino apropriado para este subproduto da produção de fertilizantes, uma vez que esse material é estocado a céu aberto em aterros expostos às intempéries podendo contaminar o solo, as águas subterrâneas e eventualmente prejudicar a saúde humana.

As propriedades químicas do fosfogesso são semelhantes às do gesso natural [2], porém o fosfogesso contém níveis elevados de impurezas, inviabilizando desta forma o uso convencional do gesso. Neste tipo de material também pode-se encontrar radionuclídeos, sendo classificado internacionalmente como TENORM (*Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Material*), ou seja, resíduo sólido que contém elementos radioativos de ocorrência natural, mas que quando utilizado em processamentos industriais ocorre o acréscimo de radioatividade natural, principalmente o  $^{226}\text{Ra}$  e o  $^{232}\text{Th}$ . Portanto, levando em consideração à saúde, política e ao meio ambiente, esta pesquisa tem como objetivo avaliar a concentração de elementos químicos presentes em amostras de fosfogesso das indústrias VALE Fertilizantes S.A. As análises foram realizadas utilizando a técnica de Fluorescência de Raios X para identificação dos principais elementos apresentados nas amostras e a técnica de Espectrometria de Raios Gama para verificar a presença de radionuclídeos.

### 2. Metodologia

Para a realização do estudo as amostras sofreram um processo de preparação, no qual foram inicialmente submetidas ao aquecimento em uma estufa à  $100^\circ\text{C}$  durante o período de 24 horas, em refratários de vidro esterilizados com álcool etílico 92,8° INPM. Após o tratamento térmico de secagem, foi realizado nas amostras um processo de granulação através da

moagem, sendo peneiradas e armazenadas em recipientes plásticos lacrados, pesados e identificados.

A identificação dos elementos presentes nas amostras foi utilizada a técnica de Fluorescência de Raios X. A técnica consiste na excitação dos elementos presentes na amostra através da radiação com determinado feixe de raio X produzindo raios X característicos do material analisado. Para a análise foi utilizado o sistema portátil Amptek® com um tubo de Ag associado a um detector de Si-Drift com uma janela de Be. As medidas foram realizadas em ar sendo aplicada uma tensão de 30kV, uma corrente de  $5\mu\text{A}$  e um tempo de radiação de 300s. Os espectros foram analisados pelo programa WinQxas. Para a análise também foi utilizado a amostra padrão de referência Bone Meal (SRM1486).

Para a identificação dos radionuclídeos foi utilizada a técnica de Espectroscopia de Raios Gama que consiste na identificação e análise das curvas de número de eventos por energia e seus picos característicos. O sistema utilizado presente na FEI é formado por um detector cintilador de NAI localizado dentro de um escudo de chumbo de 7cm de espessura. Os espectros foram adquiridos por um tempo de 8h e analisados através do software GENIE-2000.

### 3. Resultados

A análise utilizando a técnica XRF foi aplicada em uma amostra de gesso e em uma de 3 amostras diferentes: uma de gesso, e duas de fosfogesso com procedências diferentes (FC e MA), permitindo a identificação de 19 elementos entre matriz e elementos minoritários: S, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Sr, Y, r, Nb, Ba e Nd. Foram realizadas 2 medidas em cada amostra e para uma melhor estatística.

Na figura 3.1 é apresentado um espectro típico obtido para a amostra de fosfogesso FC.

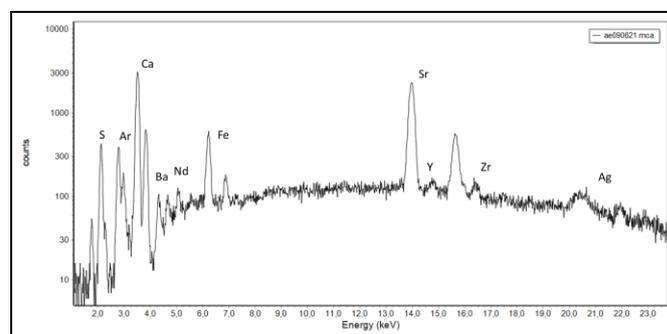


Figura 3.1. Espectro XRF obtido para amostra de fosfogesso FC.

A tabela 3.1. apresenta os valores obtidos para as intensidades e concentrações dos diferentes elementos presentes nas amostras.

Elem		Gesso	FC	MA
S	#	3337±62	2917±55	2892±56
K	mg/kg	453±73	342±59	362±63
Ca	%	28,10±0,71	19,90±0,50	21,04±0,53
Ti	#	79±19	451±35	1051±41
Cr	#	211±29	235±33	149±32
Mn	#	252±34	48±36	82±36
Fe	mg/kg	251±111	941±410	1042±454
Ni	#	349±67	174±65	215±67
Sr	mg/kg	1283±102	5414±426	5025±396
Y	#	0	657±87	839±91
Zr	#	0	2361±106	2784±111
Nb	#	0	931±83	887±85
Ba	#	0	457±37	262±37
Nd	#	0	463±47	341±46

Tabela 3.1. Resultados obtidos através da análise XRF para amostras de gesso e fosfogesso. Os valores são apresentados em intensidade (#) ou em concentração (% ou mg/kg).

As incertezas apresentadas correspondem a um valor de desvio estatístico. Através dos resultados podemos observar que as amostras de fosfogesso apresentam elementos contaminantes mais pesados podendo ser destacado o elemento Sr e Zr, porém apresentam uma menor concentração de Ca. Entre as amostras de fosfogesso podemos destacar a diferença na concentração de Ca e na intensidade do Zr, fato este que passa estar associado diretamente à sua procedência.

Já para a técnica de Espectrometria de Raios Gama foram utilizadas 9 amostras provenientes do processo da região de Catalão/GO que abrange cada etapa de tratamento da rocha até o subproduto final do processo. A partir das análises foi possível observar, conforme mostra a tabela 3.2, que durante o processo de produção que gera o subproduto fosfogesso a atividade do radionuclídeo  $^{232}\text{Th}$  é maior que a atividade do  $^{238}\text{U}$ . Além disso, a maioria das amostras apresentaram atividade do radionuclídeo  $^{232}\text{Th}$  acima da faixa estabelecida pela USEPA-EUA de exposição externa que é de 370Bq/kg.

A figura 3.2. apresenta a dose efetiva total das amostras, ou seja, a soma das contribuições em dose de cada radionuclídeo primordial. Vale ressaltar que média anual de dose efetiva para a radiação terrestre é entre 0,3–1,0mSv/ano, segundo a UNSCEAR 2008. Portanto, todas as amostras analisadas extrapolaram a faixa da média internacional de exposição do ser humano à radiação gama terrestre.

Amostra	$^{238}\text{U}$ (Bq/kg)	$^{232}\text{Th}$ (Bq/kg)
Concentrado Final Ultrafino (CFU)	284±9	387±11
Rejeito Final Grosso (RFG)	162±9	534±14
Alimentação da Usina (AL)	204±10	690±17
Rejeito Final Ultrafino (RFU)	207±17	839±21

Rejeito Separação Magnética Alta Intensidade (RSMAl)	196±8	460±12
Rejeito Final (RF)	178±10	546±15
Rejeito Separação Magnética Baixa Intensidade (RSMBl)	115±5	334±8
Concentrado Final (CF)	229±7	500±12
Fosfogesso Expedição (FE)	131±9	182±12

Tabela 3.2. Resultados obtidos através da análise Espectrometria de Raios Gama para amostras de cada etapa do processo.

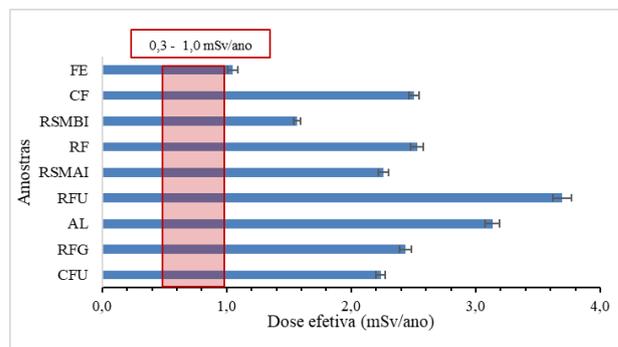


Figura 3.2. Contribuição da dose efetiva para cada etapa do processo.

#### 4. Conclusões

Através da técnica XRF foi possível verificar a presença de elementos pesados contaminantes tais como nas amostras de fosfogesso quando comparadas à amostra de gesso. Entre as amostras de fosfogesso é possível observar a diferença entre as intensidades do Zr indicando uma diferente origem do material.

A técnica de Espectrometria de Raios Gama permitiu identificar a presença dos radionuclídeos  $^{232}\text{Th}$  e  $^{238}\text{U}$ . Em relação à dose efetiva total, todas as amostras do processo apresentaram valores acima do valor médio de exposição externa à radiação gama terrestre permitido, destacando-se o rejeito ultrafino (RFU) e a alimentação na usina (AL).

#### 5. Referências

- [1] Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento do Estado de Minas Gerais. Licenciamento Ambiental N° 00042/1978/024/2007. Rio de Janeiro: Min. da Fazenda, 13 set. 2006. Em: <http://sistemas.meioambiente.mg.gov.br/reunioes/uploads/X6ZXMd4z-fZAfNXK4pSX4ku4qWjuXxXj.pdf>. Acesso em: 4 out. 2010.
- [2] CANUT, M. Viability study for the substitution of gypsum by phosphogypsum as a building material. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, 2006. (Tese de Mestrado)

#### Agradecimentos

À instituição Centro Universitário da FEI pelo suporte técnico para a realização das medidas, ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT) e ao CNPq.

<sup>1</sup> Aluno de IC do Centro Universitário INCT/CNPq. Projeto com vigência de 09/20 a 10/21.