

Experiências práticas na gestão e valorização de resíduos NORM. Estudo de caso da produção de Alumina

Aluna: Lara Vitória Santos Couto e Barbara Paci Mazzilli
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

A bauxita é a matéria prima que dá origem à alumina (também conhecida como óxido de alumínio), passando pelo refinamento conhecido como processo de Karl Bayer. Em 2021, segundo o Anuário Estatístico Alumínio 2021, editado pela Associação Brasileira do Alumínio (ABAL), o Brasil produziu 11 milhões de toneladas de alumina, sendo o terceiro maior produtor mundial. Durante o processo é formado um resíduo, conhecido como lama vermelha, que é estocado em pilhas a céu aberto, causando sérios impactos ambientais.

Para cada tonelada de alumina produzida, aproximadamente uma ou duas toneladas de lama vermelha são geradas (WANG et al, 2019), sendo que a cada ano são produzidos 120 milhões de toneladas desse resíduo no mundo. Estima-se que a produção de lama vermelha no Brasil é de 7 a 10 milhões de toneladas/ano.

A bauxita utilizada como matéria prima apresenta traços de radionuclídeos naturais das séries do U e do Th que podem se concentrar no resíduo formado durante o processo industrial. A política que tem sido adotada de empilhamento de resíduos NORM (*Naturally Occurring Radioactive Material*) gera, a longo prazo, custos elevados de manutenção e segurança, além de causar impacto ambiental. Para minimizar o impacto ambiental do descarte do resíduo torna-se necessário oferecer alternativas para o seu reuso seguro, transformando esse resíduo em um coproduto. Uma alternativa viável é a utilização do resíduo como componente de materiais de construção. A utilização da lama vermelha na fabricação de materiais de construção somente é possível se a concentração de atividade dos radionuclídeos do produto final apresentar valores abaixo dos níveis de isenção e as

doses nos indivíduos do público forem inferiores a 1 mSv. Por essa razão, o resíduo não pode ser utilizado em sua forma pura, mas misturado com outros materiais já utilizados em construção civil. Como a distribuição de radionuclídeos naturais em materiais de construção não é uniforme, um índice radiológico comum, denominado índice de concentração de atividade (*I*) foi estabelecido pela Comissão Europeia (CE, 1999). Esse índice foi calculado a partir da concentração de atividade de ^{226}Ra , ^{232}Th e ^{40}K , de acordo com a seguinte equação 1.

$$I = \frac{C_{\text{Ra}}}{300\text{Bq/kg}} + \frac{C_{\text{Th}}}{200\text{Bq/kg}} + \frac{C_{\text{K}}}{3000\text{Bq/kg}} \quad \text{Eq (1)}$$

A recomendação é de que o índice de concentração de atividade seja inferior a 1 para garantir que a dose recebida pelos indivíduos expostos à radiação gama presente em materiais de construção não exceda o valor de 1 mSv/a.

OBJETIVO

O presente trabalho visa avaliar as implicações radiológicas da utilização do resíduo da produção de alumina como componente na fabricação de cimento e concreto. Para tanto, será determinada a concentração de atividade dos materiais utilizados na fabricação do cimento e concreto (areia, brita, *fly ash* e resíduo) e nos produtos finais com diferentes proporções de resíduo. Essa prática possibilitará a utilização de um material de construção que reduza o consumo de matérias primas naturais, reaproveite um resíduo industrial, reduza a emissão de gases estufa e, concomitantemente, apresenta um desempenho igual ou superior ao do cimento atualmente empregado, com baixo custo de produção.

METODOLOGIA

As amostras de areia, brita, *fly ash*, lama vermelha, cimento e concreto com várias proporções de resíduo foram analisadas utilizando-se a técnica de espectrometria gama, para a determinação da concentração de ^{226}Ra , ^{232}Th e ^{40}K . As amostras, secas e peneiradas, foram transferidas para frascos de polietileno de 100 ml, pesadas, seladas e armazenadas por um período de 30 dias para que fosse atingido o equilíbrio radioativo entre os descendentes da série do ^{238}U , especificamente o ^{226}Ra e seus produtos de decaimento de meia-vida curta.

A determinação da concentração de ^{226}Ra , ^{232}Th e ^{40}K nas amostras foi feita por espectrometria gama utilizando-se um detector de germânio hiper puro da Camberra: modelo 747, com 25 % de eficiência relativa e resolução efetiva de 1,8 keV relativa ao pico de 1,33 MeV do ^{60}Co . Os espectros gamas obtidos foram analisados com o programa Interwinner 6.0 da Ortec.

Para a determinação do ^{226}Ra , pressupondo-se o equilíbrio radioativo, foram utilizados os descendentes ^{214}Pb e ^{214}Bi . A concentração de ^{226}Ra não foi determinada diretamente por sua transição gama de 186,2 keV em virtude da baixa intensidade (3,29%) e interferência da transição gama de 185,7 keV emitida pelo ^{235}U . Na série do tório, apenas o equilíbrio entre o ^{232}Th e o ^{228}Th é essencial para determinação da concentração de ^{232}Th , que foi determinada a partir das concentrações de seus descendentes ^{228}Ac e ^{212}Pb . A concentração de ^{40}K foi determinada diretamente por meio da transição de 1460 keV.

RESULTADOS

Os resultados obtidos para a concentração de atividade das amostras analisadas e para o Índice de concentração de atividade (Índice *I*) são apresentados na tabela 1.

TABELA 1. Concentração de atividade de ^{226}Ra , ^{232}Th e ^{40}K em Bq/kg e Índice de concentração de atividade (*I*)

AMOSTRA	K-40	Ra-226	Th-232	I
Cimento	114 ± 12	42,1 ± 4,7	18,4 ± 1,5	0,3
Cimento	152 ± 13	61,0 ± 5,1	125 ± 8	0,9
Cimento	159 ± 13	69,2 ± 5,6	168 ± 5	1,1
Cimento	139 ± 10	45,7 ± 5,6	56,3 ± 0,3	0,5
Concreto	429 ± 16	29,5 ± 0,6	9,3 ± 1,4	0,3
Concreto	432 ± 20	44,3 ± 1,5	28,9 ± 0,6	0,4
Concreto	592 ± 22	42,7 ± 1,2	24,7 ± 2,3	0,5
Concreto	557 ± 22	36,0 ± 0,8	19,1 ± 2,0	0,4
Areia	789,6 ± 36,2	27,3 ± 2,4	38,7 ± 4,5	0,5
Brita	1054 ± 35	74,6 ± 2,0	16,5 ± 1,0	0,7
Fly Ash	348 ± 24	50,5 ± 5,3	36,4 ± 3,2	0,5
lama vermelha	99,8 ± 7,5	165,6 ± 7,5	558 ± 21	3,4

Dos materiais analisados, a lama vermelha apresentou as maiores concentrações de ^{226}Ra e ^{232}Th e a menor concentração de ^{40}K . Deve-se ressaltar, entretanto, que a composição dos materiais de construção não é feita somente pelo resíduo. As amostras de cimento e concreto preparadas com proporções variadas do resíduo, apresentaram Índices de concentração de atividade próximos ou inferiores a 1, indicando que a dose recebida pelos indivíduos expostos à radiação gama presente nesses materiais são inferiores ao valor de 1 mSv/a

CONCLUSÕES

Pode-se concluir que a utilização da lama vermelha como componente de materiais de construção não vai acarretar doses nos indivíduos do público acima de 1 mSv e sua utilização não implica em riscos adicionais à população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Associação Brasileira do alumínio. Anuário Estatístico Alumínio 2021, 2022.
- [2] Li Wang, Ning Sun, Honghu Tang, Wei Sun. A Review on Comprehensive Utilization of Red Mud and Prospect Analysis. *Minerals*, 9(6), 362, 2019.
- [3] European Commission. Radiation protection 112. Radiological Protection Principles concerning the Natural Radioactivity of Building Materials, 16 p., 1999.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPQ