



Avaliação da Concentração de Atividade do Radônio de Forma Indireta com Espectrômetro Gama

Assessment of Radon Activity Concentration Indirectly with a Gamma Spectrometer

Lorena de Camargo Muchak¹, Sergei Anatolyevich Paschuk²

RESUMO

O propósito deste estudo é a investigação da possibilidade de determinar a atividade de radônio de forma indireta através da análise do número de decaimento gama, a partir do bismuto na série do urânio. Para atingir esse objetivo, várias estratégias foram empregadas. Inicialmente, o dispositivo AlphaGUARD foi utilizado para estabelecer um valor de referência por meio dos decaimentos alfa, presentes em amostras de areia que foram seladas, para ser comparadas com outros resíduos. Posteriormente, os resultados obtidos a partir das medições realizadas com um espectrômetro gama foram relacionados à radioatividade após o estabelecimento do equilíbrio secular do rádio e radônio, levando em consideração a massa de cada amostra. Embora tenham sido observados erros associados às medições, esse estudo representa busca por métodos mais precisos para avaliar a atividade de tais isótopos. Além disso, ressalta-se a importância das práticas de armazenamento adequadas e do controle de erros em pesquisas relacionadas à radioatividade.

PALAVRAS-CHAVE: Atividade, radionuclídeos, radônio

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the possibility of indirectly determining radon activity through the analysis of gamma decay events from bismuth in the uranium series. To achieve this objective, several strategies were employed. Initially, the AlphaGUARD device was used to establish a reference value through alpha decay measurements in sealed sand samples, which were then compared to various residues. Subsequently, the results obtained from measurements using a gamma spectrometer were related to radioactivity after establishing the secular equilibrium of radium and radon, taking into account the mass of each sample. Although errors associated with the measurements were observed, this study represents a pursuit of more accurate methods for assessing the activity and number of decay events of such isotopes. Furthermore, it highlights the importance of proper storage practices and error control in research related to radioactivity.

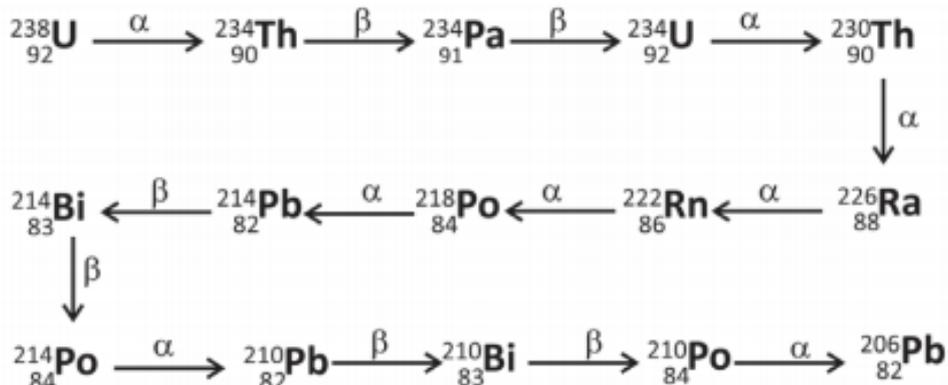
KEYWORDS: Activity, radionuclides, radon

INTRUDUÇÃO

O ^{238}U , tem sua estrutura instável, o que gera a emissão de partículas alfa, passando por uma cadeia de decaimento que aborda 15 isótopos, dos quais o ^{226}Ra e o ^{222}Rn , estão envolvidos nos decaimentos alfa, como pode ser vista na imagem 1. O ^{226}Ra (meia-vida de 1.600 anos) é precursor do ^{222}Rn (meia-vida de 3,82 dias) [1]. A atividade é medida em becquerel (Bq), que representa a quantidade de átomos de radônio que se desintegram por segundo. A atividade de ^{222}Rn é fundamental para avaliar os riscos associados à exposição a essa radiação. Além disso, a concentração do radônio no ambiente, medida em becquerel por litros (Bq/L), fornece informações sobre a quantidade total de radônio presente em uma unidade de volume específica [2].

¹ Bolsista da Fundação Araucária. Universidade Tecnologia Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil. lmuchak@alunos.utfpr.edu.br ID Lattes: <https://lattes.cnpq.br/1032695876996296>

² Docente no Departamento Acadêmico De Física. Universidade Tecnologia Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: sergei@utfpr.edu.br D Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5290164798310287>.

Imagem 1 – Série do ^{238}U 

Fonte: FUVEST - 2019 - Vestibular (USP)/"2020"

Há equipamentos que mensuram a atividade, concentração e contagem de tais radionuclídeos. O dispositivo AlphaGUARD, é usado detecção de partículas alfas emitidas pelo radônio na água, solo e no ar. Por sua vez o espectrômetro portátil Atomtex modelo AT6101C opera medindo a energia pela radiação gama, entretanto pela baixa emissão de partículas beta, é possível aferir rádio indiretamente, por meio do ^{214}Bi . A análise desses sinais possibilita a avaliação da energia dos fótons e, conseqüentemente, a identificação dos elementos radioativos presentes no solo [3].

Uma vez que os radionuclídeos tenham sido identificados, é possível calcular a atividade associada a eles. Isso envolve a consideração da taxa de emissão de radiação gama específica do elemento, a eficiência do detector, o tempo de medição e outros parâmetros relevantes [2].

METODOLOGIA

ALPHAGUARD

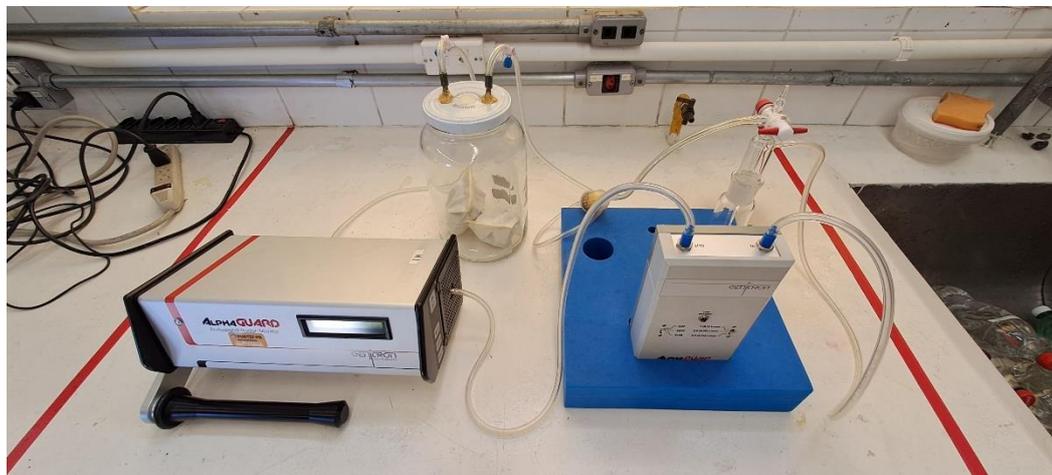
No processo de avaliação da concentração de ^{226}Ra utilizando exclusivamente o Espectrômetro Gama, foram selecionadas duas amostras de resíduos, denominadas "Areia B" e "Areia D", as quais foram cuidadosamente acondicionadas em filtros de café e seladas em potes de vidro. Essas amostras foram mantidas nessas condições até que o equilíbrio secular do ^{222}Rn e ^{226}Ra fosse alcançado (mínimo de 10 meias-vidas de ^{222}Rn). Passando esse tempo para determinar a concentração de ^{222}Rn presente nas areias e no ar contido nos recipientes, utilizou-se o detector instantâneo AlphaGUARD.

As quantidades de "Areia B" e "Areia D" selecionadas para análise foram de 320 ml e 290 ml, respectivamente, ambas com uma massa de 448 gramas. Importante destacar que o volume total do sistema, considerando tanto o detector instantâneo AlphaGUARD com mangueira e o volume interno da bomba, quanto os recipientes de vidro, totalizou 4,5 litros.

A concentração de atividade de ^{222}Rn encontrada no ar nos potes de vidro onde foi armazenada a "Areia B" foi de $124.377,27 \pm 7,29$ Bq/L e para a "Areia D" $184.962,03 \pm 12,62$ Bq/L



Imagem 2 –Esquema de medida de radônio no ar utilizando o AlphaGUARD



Fonte: Autor (2023).

ESPECTRÔMETRO GAMA

Após a conclusão do procedimento mencionado as amostras das areias foram removidas do recipiente, todo o ar contido no pote foi liberado, e as areias foram transferidas para copos de plástico, posicionados em espessuras de 20 mm, 35 mm e 45 mm, associadas as massas de alturas distintas a fim de realizar a medição da contagem de decaimentos gama. Cada amostra foi submetida a três medições, sendo colocada em contato com o detector, cada uma com duração de aproximadamente 5 minutos e diferentes massas.

Os parâmetros usados em medições com as areias estão apresentados de maneira detalhada na tabela a seguir.

Tabela 1 – Características das Areias

Areia	Espessura (mm)	Massa (g)	Tempo de exposição (s)
Areia "B"	20	40	310
	35	76	255
	45	107	290
Areia "D"	20	35	285
	35	83	290
	45	110	285

Fonte: Autor (2023).

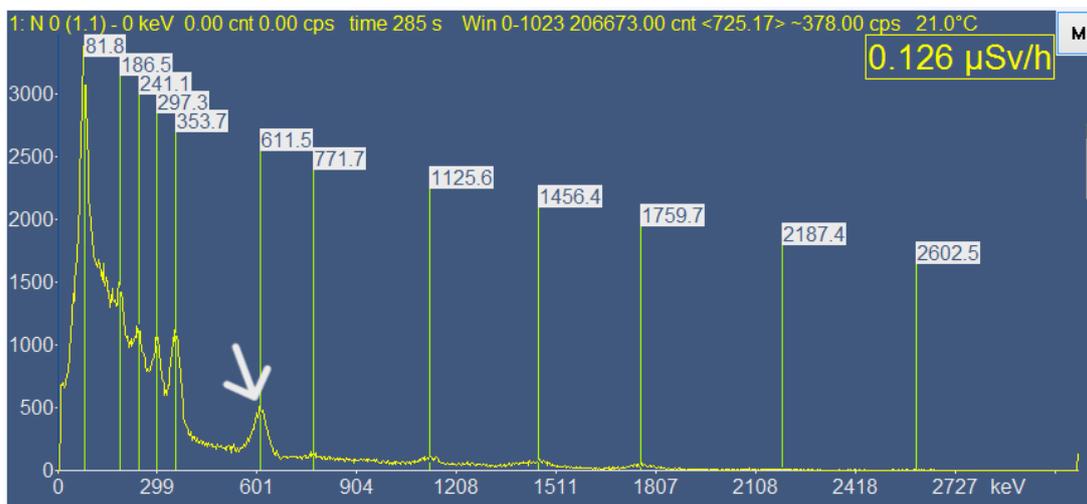
Durante o processo de análise, utilizou-se as contagens correspondentes as energias do ^{214}Bi .



RESULTADOS

Através do número de decaimento obtida em três medições de espessura distintas da amostra "Areia B" com relação ao ^{214}Bi de energia 610 keV, tornou-se viável estabelecer uma comparação com os valores previamente determinados para o número de decaimento da amostra "Areia D" como pode ser visto na tabela 2.

Imagem 3 – Espectro de radiação gama da Areia “D”



Fonte: Autor (2023).

Tabela 2 – Número de decaimento do ^{214}Bi

Areia	Contagem	Erro (%)
Areia “B”	336	12,63
	446	5,60
	511	5,82
Areia “D”	335	12,56
	590	8,59
	565	8,69

Fonte: Autor (2023).

A atividade está relacionada à taxa de decaimentos e ao número de meia-vidas de átomos radioativos em uma amostra. No caso do radônio e seus filhos, como o chumbo e o bismuto espera-se que suas atividades sejam equivalentes. No estudo em questão, a concentração de radônio na "Areia B" foi determinada sendo igual a 124.377,27 Bq. Levando em consideração o volume total do AlphaGUARD, de 4,5 litros, e a massa dos resíduos, 448 gramas, a atividade específica da "Areia B" na espessura 20 mm foi calculada como 1.249,32 Bq/g.

Com os dados obtidos do espectrômetro na amostra de 40 gramas da Areia “B” e número de decaimentos de ^{214}Bi de 336 foi feito uma relação com a atividade de ^{226}Ra .



XIII Seminário de Extensão e Inovação

XXVIII Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR

Ciência e Tecnologia na era da Inteligência Artificial: Desdobramentos no Ensino Pesquisa e Extensão
20 a 23 de novembro de 2023 - Campus Ponta Grossa, PR

SEI-SICITE
2023



$$A_{Bi} = \frac{1.249,32 \times 40}{336} = A_{Ra} \quad (1)$$

Foi encontrado um resultando de um valor de eficiência de identificação de 148,42 decaimentos alfa do ^{226}Ra por meio de detecção dos decaimentos do ^{214}Bi . Este resultado foi então comparado com a amostra "Areia D", que possui uma massa de 35 gramas e apresentou um número de decaimentos de 335.

$$A_{Ra} = \frac{148,42 \times 335 \times 35}{40} = A_{Rn} \quad (2)$$

Com a atividade encontrada de 43.596,24 Bq em 35 gramas de resíduo, era esperado encontrar um valor próximo a concentração de atividade de 184.962,03 Bq/L que foi obtida com o AlphaGUARD.

$$A_{Rn} = \frac{43.596,24 \times 448}{35 \times 4,5} \quad (3)$$

O resultado obtido para espessura de 20 mm utilizando o espectrômetro gama foi de 128.909,53 Bq/L. O mesmo processo foi feito para as demais espessuras (massa) e suas respectivas contagens. O resultado pode ser observado na tabela 3.

Tabela 3 – Resultados simulados da atividade de ^{226}Ra na Areia "B"

Massa (g)	Concentração (Bq/L)	Erro (%)
40 e 35	128.909,53	27,82
76 e 83	136.612,76	26,95
107 e 110	139.812,92	23,90

Fonte: Autor (2023).

CONCLUSÃO

Em suma, este estudo proporcionou uma compreensão das metodologias empregadas para determinar a concentração de radionuclídeos, utilizando equipamentos distintos. Embora o erro associado tenha sido relativamente alto, sugestões para trabalhos futuros devem incluir o armazenamento apenas do radônio, diminuindo o máximo possível do ar que está contido nos potes para medição com espectrômetro, e evidenciar que o local em que a amostra foi contida está de fato selado para atingir equilíbrio secular dos radioisótopos, do ^{226}Ra (série do ^{238}U). Essa pesquisa evidenciou de maneira clara que as práticas de armazenamento desempenham um papel fundamental na obtenção de resultados precisos em estudos de radioatividade.



XIII Seminário de Extensão e Inovação

XXVIII Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR

Ciência e Tecnologia na era da Inteligência Artificial: Desdobramentos no Ensino Pesquisa e Extensão
20 a 23 de novembro de 2023 - Campus Ponta Grossa, PR

SEI-SICITE
2023



Agradecimentos

Ao apoio da Fundação Araucária pela bolsa de iniciação científica. Agradeço ao Rodrigo e a Camila, que me ajudaram muito durante esse período.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

[1] NADALETI, W. C.; NEGE, K.; BELLI FILHO, P.; ANDREAZZA, R.; QUADRO, M.; KUNDE CORREA, E.; CORREA, L.; LEANDRO, D.; VIEIRA, B. **Cinética e equilíbrio secular das principais séries radioativas e suas implicações ambientais**. Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade, v. 2, n. 2, p. 1-9, 9 dez. 2021.

[2] Heyde, K. L. G. (1994). **Basic ideas and concepts in nuclear physics**. 3ª edição. CRC Press, 1 de novembro de 2004.

[3] JESUS, Gleyka Jullymary Damasceno de. **Determinação de radionuclídeos naturais (Ra-226, Pb-210, Ra-228, K-40) e artificial (Cs-137) em sedimentos de superfície do Complexo Estaurino-Lagunar de Cananéia-Iguape**. 2019. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear - Aplicações) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. doi:10.11606/D.85.2019.tde-17042019-142318. Acesso em: 12 sep. 2023.0

[4] SANTOS, R. N. dos; MARQUES, L. S.; BRENHA-RIBEIRO, F. **Estudo do equilíbrio radioativo das séries do ^{238}U , e ^{232}Th em rochas vulcânicas das Ilhas da Trindade e de Martin Vaz**. Geochimica Brasiliensis, [S. l.], v. 14, n. 1, 2011. Disponível em: <https://www.geobrasiliensis.org.br/geobrasiliensis/article/view/172>. Acesso em: 12 sep. 2023.

[5] SARTI, Márcia Inês Rocha. **Atividade Mínima Detectável para Radioisótopos Emissores de Raios Gama em Amostras Aquosas**. Dissertação (Mestrado em Energia Nuclear na Agricultura) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, Estado de São Paulo, Brasil, novembro de 1980.