

MODELO MATEMÁTICO PARA CALIBRAÇÃO DE SISTEMAS DE DETECÇÃO DE RADÔNIO-222

Karolayne Esthefany Melo da Silva^{1*}, Claudemir Batista da Silva Júnior¹, Mariana Luiza de Oliveira Santos¹, Elvis Joacir De França¹, Emerson Emiliano Gualberto de Farias¹

¹Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste
*keesthefany@gmail.com

INTRODUÇÃO

O radônio-222 (^{222}Rn) é um gás incolor nas condições normais de temperatura e pressão, proveniente do decaimento do rádio-226 (^{226}Ra) da série radioativa natural do urânio-238 (^{238}U). O ^{222}Rn é um gás naturalmente radioativo e decai por emissão alfa. Quando inalado, pode depositar toda a energia das partículas emitidas nos pulmões, resultando em um possível desenvolvimento de câncer. Além disso, o ^{222}Rn possui radionuclídeos-filhos também emissores de partículas alfa e com energia suficiente para gerar danos aos tecidos.

Para a medição de ^{222}Rn , com adequado nível metrológico, é indispensável o uso de equipamentos calibrados. Assim, o presente trabalho objetivou a avaliação de um modelo matemático para a calibração e verificação de sistema de detecção de ^{222}Rn no Centro regional de Ciências Nucleares do Nordeste - CRCN-NE.

MATERIAL E MÉTODOS

AMBIENTE CALIBRAÇÃO DE DETECTORES DE ^{222}Rn

O modelo de predição leva em consideração um ambiente para calibração dos detectores denominada de Câmara de Calibração. No CRCN-NE, foi construída uma câmara e a essa foi dada uma denominação de RN1-CRCN (Figura 1).

A construção da RN1-CRCN foi baseada nos estudos desenvolvidos por Shweikani e Raja (2005). A câmara possui dimensão externa de 100 cm de comprimento, 85 cm de largura e 100 cm de altura, resultando em volume útil de $814,42 \text{ L} \pm 0,76 \text{ L}$, dispoendo de uma válvula de entrada do gás gerado por uma fonte de ^{226}Ra e outra de saída, ligada ao sistema de exaustão, que não permite o aumento da concentração de ^{222}Rn no laboratório (Figura 2).

Além disso, a câmara possui cinco válvulas para acoplamento de detectores do tipo Célula de Lucas e duas conexões para detectores funcionando em modulo fluxo. Nesse caso, o sistema de detecção em teste faz uma amostragem de ar do interior da câmara e realiza a determinação do radônio presente nessa amostra, e retorna o material para o interior da câmara.

Nos ensaios, foi realizada a comparação entre valores de concentração de atividade de ^{222}Rn medidos por um detector certificado e o modelo de predição para radônio no interior da câmara RN1-CRCN.



Figura 1. Ambiente para calibração de detectores de ^{222}Rn - Câmara RN1-CRCN (Farias, 2016).

Para isso, utilizou-se, além da RN1-CRCN, de fonte de ^{226}Ra ($t_{1/2} = 1.600$ anos) com atividade de 105 kBq, modelo PYLON RN-1025-100, Pylon Eletronics, Canadá, com taxa de produção constante de ^{222}Rn . Durante os ensaios o gás foi arrastado da fonte

de ^{226}Ra com um fluxo constante de ar para o interior da câmara, sendo o processo monitorado pelo detector certificado (Figura 2).

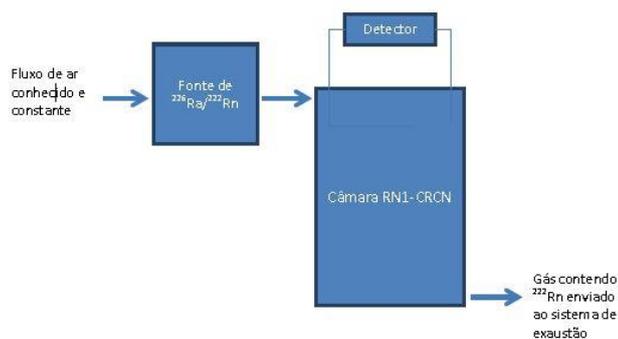


Figura 2: Arranjo experimental para a verificação do modelo teórico para calibração de detectores de radônio na câmara RN1-CRCN (Farias, 2016).

MODELO DE PREDIÇÃO DE RADÔNIO NO INTERIOR DA CÂMARA

Para a determinação da concentração teórica dentro da câmara de radônio foi utilizada a seguinte equação diferencial:

$$\frac{dC_{Rn}}{dt} = \lambda_{Rn} \cdot A_{Ra} - \lambda_{Rn} \cdot C_{Rn(t)} - \frac{q1}{V} \cdot C_{Rn(t)} \quad (1)$$

em que,

λ_{Rn} = constante de decaimento do ^{222}Rn ;

A_{Ra} = atividade da fonte de ^{226}Ra (105 KBq);

$C_{Rn}(t)$ = concentração de ^{222}Rn no interior da câmara em função do tempo;

$q1$ = fluxo de ar que passa através da fonte;

V = Volume da câmara (814,42 L).

A partir da solução dessa equação diferencial foi encontrada a seguinte resolução:

$$C_{Rn}(t) = C_{sat} \cdot (1 - e^{-\lambda_e t}) \quad (2)$$

em que,

C_{sat} = concentração de saturação de Rn na câmara;

λ_e = constante efetiva modelo ($\lambda_{Rn} + \frac{q1}{V}$);

t = tempo de arraste do radônio produzido pela fonte de ^{226}Ra .

Com isso, foi modelada a concentração de atividade de ^{222}Rn na condição de saturação correspondente a 99 % e o tempo necessário para atingir essa condição, ambos os parâmetros definidos pelo fluxo de arraste.

Por meio da Equação 2, foi possível variar o fluxo de ar que atravessa a fonte de ^{226}Ra para a obtenção de concentrações de atividade em condições variadas de saturação.

Os fluxos utilizados para este ensaio foram $0,9 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ (A); $2,2 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ (B); $2,6 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ (C); $6,2 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ (D); $8,5 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ (E) e $12 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ (F) com as respectivas as concentrações de saturação de $13,2 \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$ (A); $5,7 \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$ (B); $4,9 \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$ (C); $2,1 \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$ (D); $1,5 \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$ (E) e $1,1 \text{ Bq} \cdot \text{L}^{-1}$ (F), respectivamente.

AVALIAÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO

O Número E_n foi empregado para verificar a equivalência entre os resultados de concentração de atividade medidos pelo detector AlphaGUARD (Detector certificado) e o modelo teórico.

O Número E_n avalia a qualidade dos procedimentos analíticos conforme a ISO 13528 (2005), em que valores entre -1 e 1 são

indicativos de controle de qualidade do procedimento analítico em nível de 95% de confiança.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da verificação do modelo teórico comparando-os com os resultados obtidos pelo detector AlphaGUARD (Detector certificado) são indicados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados das atividades de ^{222}Rn modeladas e certificadas da concentração de radônio na câmara de radônio, assim como o erro relativo entre as medições. A medida de dispersão corresponde à incerteza analítica expandida em nível de 95% de confiança.

Fluxo	Valor Modelado (kBq.m ⁻³)	Valor Certificado (kBq.m ⁻³)	Erro relativo (%)
A	13,2 ± 0,7	13,2 ± 0,5	0,07
B	5,7 ± 0,4	5,7 ± 0,3	0,00
C	4,9 ± 0,3	4,9 ± 0,3	0,20
D	2,10 ± 0,10	2,13 ± 0,11	-1,41
E	1,54 ± 0,08	1,49 ± 0,11	3,15
F	1,09 ± 0,06	1,09 ± 0,09	0,64

Os resultados de verificação do modelo de predição de radônio no interior da câmara proporcionaram erros relativos menores que 3,15 % (Tabela 1).

Considerando-se os valores do Número E_n , o modelo de predição da concentração de atividade de ^{222}Rn no interior da câmara RN1-CRCN produz resultados bastante semelhantes aos valores encontrados pelo detector certificado (Figura 3).

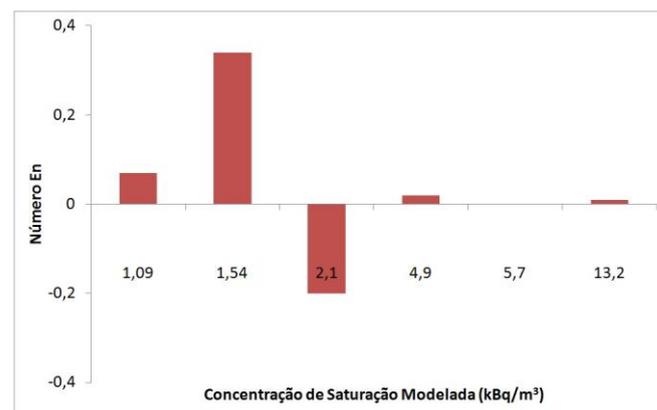


Figura 3: Resultados de Números E_n encontrados para as diversas concentrações de saturação testadas. Valores entre -1 e 1 são indicativos de qualidade do procedimento analítico em nível de 95% de confiança

Os resultados não indicaram diferenças significativas em nível de 95% de confiança entre os Valores Modelados e os Valores Certificados (Figura 3).

CONCLUSÕES

O modelo matemático de predição utilizado, associado a câmara de calibração RN1-CRCN, mostrou-se como uma ótima ferramenta para a verificação e calibração de detectores de radônio-222.

REFERÊNCIAS

FARIAS, E. E. G. Exalação de Rn-222 em solos: parâmetros para modelagem e métodos de determinação. Universidade Federal de Pernambuco. Tese (Doutorado), Tecnologias Energéticas e Nucleares, p. 59-78, 2016.

SHWEIKANI, R.; RAJA, G. Design, Construct and test of a calibration radon chamber. *Radiation Measurements*, v. 40, p. 316-319, 2005.