

Eficiência de câmaras de difusão no monitoramento da atividade de radônio em ambientes

Diffusion chambers efficiency in radon activity monitoring in environments

RESUMO

Amanda Claudia Malagi da Silva
Amanda.malaggi@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

Sergei Anatolyevich Paschuk
sergei@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

Janine Nicolosi Correa
janine@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

Apresentamos medidas de concentração de radônio em dois ambientes residências, realizadas por meio de método passivo, no qual detectores de traços de estado sólido, CR-39, foram acoplados a câmaras de difusão em duas configurações distintas. Na configuração padrão, usualmente utilizada para este tipo de monitoramento, o detector fica sujeito às emissões do gás presente na atmosfera da câmara de difusão. Na configuração invertida, que simula uma exposição com “detector aberto” (*bare detector*), as emissões da progênie do gás atingem o detector em maior quantidade, se comparado às emissões do radônio no interior da câmara. Através da comparação entre a atividade radioativa mensurada pelos detectores em ambas configurações, concluímos que a câmara de difusão, utilizada pelo Laboratório de Física Nuclear Aplicada (LFNA-UTFPR) para o monitoramento de radônio em ambientes, de fato contribui para que a atividade radioativa mensurada refira-se, em maior parte, à atividade de radônio e não à de sua progênie.

PALAVRAS-CHAVE: Radônio. Câmara de difusão. CR-39.

ABSTRACT

We present radon concentration measurements in two different residential environments, accomplished through passive method, in which solid state track detectors, CR-39, were coupled within diffusion chambers in two different settings. In the standard setting, used for this type of monitoring, the detector stays susceptible to the emissions from the gas present at the chamber atmosphere. In the inverse setting, that simulates radon measurement with “bare detector”, the emission from radon progeny reaches the detector in bigger quantity, if compared with the emissions from radon inside the diffusion chamber. By comparing the radioactivity measured by the detectors in both configurations, we concluded that the diffusion chamber used by the Laboratório de Física Nuclear Aplicada (LFNA-UTFPR) for the monitoring of radon in environments, in fact contributes so that the measured radioactivity refers, mostly, to the activity of radon and not that of its progeny.

KEYWORDS: Radon. Diffusion chamber. CR-39.

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

O radônio é um gás radioativo, produto de decaimento de ^{226}Ra , da série radioativa do ^{238}U , e é encontrado em solos, águas subterrâneas, materiais de construção civil, na atmosfera e conseqüentemente em ambientes fechados. A inalação em longo prazo do gás em concentrações acima dos limites estabelecidos pelos órgãos de controle pode trazer riscos à saúde, quando seu decaimento, bem como o de sua progênie, ocorre dentro do sistema respiratório (ICRP, 2010).

Uma vez que o radônio é tido como um risco à saúde, sendo classificado principalmente, com uma das causas de câncer de pulmão, a verificação e controle dos níveis de concentração do gás torna-se necessária (LUBIN et al., 1997). A exposição humana ao radônio ocorre principalmente em ambientes fechados como casas, minas e edifícios, por isso, órgãos competentes estabelecem limites para a concentração do gás. A Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP) define um limite de 300 Bq.m^{-3} para a concentração de ^{222}Rn em ambientes, enquanto a Organização Mundial da Saúde (WHO) recomenda que este valor esteja abaixo de 100 Bq.m^{-3} (ICRP, 2009; WHO, 2009).

Em ambientes fechados, como casas e edifícios, as medidas de concentração do gás podem ser realizadas por meio de detectores de traço de estado sólido (*SSTND – solid-state nuclear track detector*) (WHO, 2009). Um dos detectores utilizados para este fim é o CR-39, cujo princípio de funcionamento baseia-se na interação entre o detector e as partículas alfa emitidas durante o decaimento do radônio e seus filhos. Ao penetrarem no detector, tais partículas ionizam as moléculas com as quais têm contato, produzindo uma região danificada, chamada de traço latente. Ao sofrer ataque químico, a superfície do detector passa por um processo de corrosão, que ocorre de maneira mais rápida na região danificada, fazendo com que os traços latentes possam ser visualizados por meio de microscópio óptico. A partir daí, relaciona-se a densidade de traços por tempo de exposição com a concentração de ^{222}Rn no ambiente onde o detector foi exposto (NIKEZIC et al., 2004).

Um dos problemas da exposição de detectores ao ambiente está relacionado à deposição dos produtos de decaimento do radônio na superfície do detector (*plate-out*), em que os elementos filhos emitem partículas alfa durante o decaimento radioativo, que podem formar traços latentes. A contabilização desses traços pode causar uma superestimativa na concentração do gás. Para que este problema seja evitado, o detector é acoplado a uma câmara de difusão, onde a entrada de ar é coberta por um filtro permeável ao radônio. Desse modo, o gás é capaz de entrar em contato com o detector por um processo de difusão, enquanto seus produtos de decaimento, bem como partículas de poeira e vapor de água, ficam presos ao filtro (NIKEZIC et al., 2004). Além disso, a câmara de difusão é construída com material de alta condutividade elétrica para que, caso o radônio decaia dentro da câmara, sua progênie seja depositada em suas paredes (CORRÊA et al., 2014).

No Laboratório de Física Nuclear Aplicada (LFNA) da UTFPR, onde realizam-se estudos em relação a concentração de radônio em ambientes, as câmaras de difusão utilizadas são do tipo semiesféricas, com volume de $7,1 \text{ cm}^3$ e diâmetro de $3,0 \text{ cm}$ (CORRÊA, 2014).

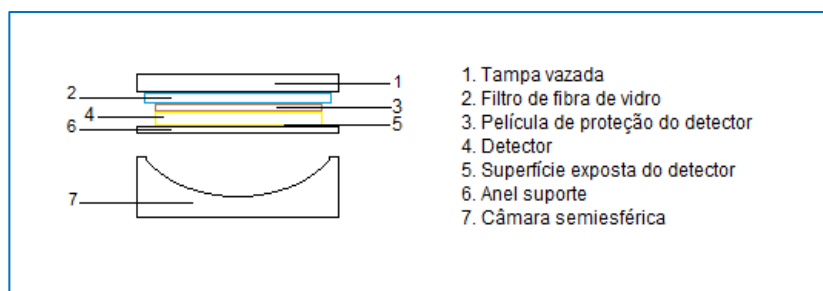
O objetivo desta pesquisa é verificar a eficiência de câmaras de difusão, em uso no LFNA, utilizadas no monitoramento da atividade de radônio em ambientes fechados.

MATERIAIS E MÉTODOS

A montagem das câmaras de difusão, utilizadas para medir a concentração de radônio, foi realizada de duas maneiras diferentes. Uma delas, seguiu a configuração padrão, utilizada em tais monitoramentos, enquanto a outra seguiu uma configuração inversa.

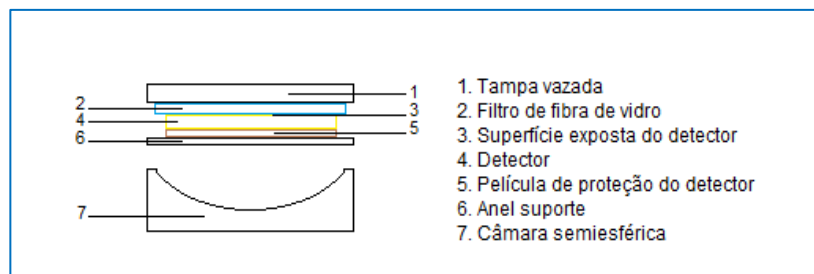
Na configuração padrão, ilustrada pela Figura 1, a superfície exposta do detector ficou direcionada ao interior da câmara de difusão. Já na configuração inversa, ilustrada pela Figura 2, a superfície do detector sem a película de proteção ficou em contato direto com o filtro permeável.

Figura 1: Esquema de montagem da câmara de difusão de acordo com a configuração padrão



Fonte: autor

Figura 2: Esquema de montagem da câmara de difusão de acordo com a configuração inversa



Fonte: autor

Em ambas configurações, o filtro permeável tem a função de proteger o detector de eventuais partículas de poeira e vapor de água, ao mesmo tempo em que permite a entrada do radônio ao interior na câmara de difusão (CORRÊA, 2014; NIKEZIC et al., 2004).

No caso da configuração padrão, o detector recebe menos emissões dos filhos do radônio presos no filtro, e mais emissões vindas do interior da câmara, o que é o ideal. Na configuração inversa, espera-se que o detector receba emissões diretas dos filhos do radônio presos no filtro e menos emissões do gás presente na atmosfera dentro da câmara.

Para o procedimento experimental, oito detectores foram acoplados a câmaras de difusão, sendo que quatro destes seguiram a configuração padrão de montagem, enquanto outros quatro seguiram a configuração inversa.

Os detectores, dentro das câmaras de difusão, foram expostos em dois ambientes residenciais, sendo que cada em ambiente foram expostos detectores que seguiram as duas configurações montagem.

O período de exposição foi de 121 dias, uma vez que o protocolo para medidas de radônio, estabelecido pela OMS, determina que exposições de longo prazo, indicadas para medidas de concentração do gás em ambientes fechados, tenham um período de duração entre 1 e 12 meses (WHO, 2009).

Após o período de exposição, os detectores foram revelados por meio de ataque químico de NaOH. Nesse processo, os detectores foram sumersos em uma solução 6,25M de NaOH, onde permaneceram em banho maria à 71° durante 14 horas. Após o ataque químico, os traços deixados pelas partículas alfa nos detectores foram contabilizados com o auxílio de microscópio óptico com aumento de 100 vezes.

Para relacionar o número de traços com a atividade radioativa, utilizou-se a equação 1, obtida em pesquisa realizada no LFNA, onde detectores CR-39 foram expostos em ambientes cuja concentração de radônio era conhecida, e a partir daí, uma relação entre tais valores com o número de traços obtidos foi estabelecida (CORRÊA et al., 2014).

$$C = (405 \pm 30)n \quad (1)$$

Onde n é o número de traços em 1 cm² do detector por hora de exposição. A concentração final é dada em Bq.m⁻³.

RESULTADOS E CONCLUSÕES

Os números de traços obtidos em cada detector são apresentados na Tabela 1, onde também se indica a configuração de instalação dos CR-39 nas câmaras de difusão.

Tabela 1: Relação dos detectores expostos e números de traços obtidos

Detector	Local de instalação	Configuração de montagem	Nº de traços
8178114		Inversa	561
8178113	Residência 1	Inversa	540
8178102		Padrão	195
8178115		Padrão	161
8178098		Inversa	609
8178101	Residência 2	Inversa	650
8178104		Padrão	282
8178106		Padrão	210

Fonte: autor

A Tabela 2 apresenta os valores de atividade radioativa mensurada pelos detectores e calculados através da Equação 1. Uma vez que, em cada residência, foram expostos quatro detectores, calculou-se a média de traços obtidos pelos detectores que seguiram a montagem padrão e pelos que seguiram a configuração de montagem inversa, em cada residência.

Tabela 2: Atividade radioativa mensurada pelos detectores expostos

Local de instalação	Configuração de montagem	Atividade (Bq/m ³)
Residência 1	Padrão	41±4
Residência 1	Inversa	128±10
Residência 2	Padrão	58±4
Residência 2	Inversa	146±12

Fonte: autor

O valor da atividade radioativa obtido pelos detectores que foram instalados nas câmaras de difusão, de acordo com a configuração padrão, foi 3,1 vezes menor do que o valor obtido pelos detectores montados na configuração inversa, na residência 1. Na residência 2, esse valor foi 2,5 vezes menor.

Em uma análise qualitativa, o valor mais baixo da atividade radioativa obtido pelos detectores instalados de acordo com a configuração padrão, se deve ao fato de que o filtro instalado na entrada de ar da câmara de difusão, impede que os produtos de decaimento do ²²²Rn entrem em contato com o detector conforme exposto por NIKEZIC et al, 2004. Além disso, os produtos dos decaimentos radioativos que ocorrem já dentro da câmara, são depositados em suas paredes e não na superfície do detector, uma vez que a câmara é constituída de fibra de carbono, que possui alta condutividade elétrica (CORRÊA, 2014).

CONCLUSÕES

A análise qualitativa realizada a partir dos dados obtidos aponta que as câmaras de difusão em uso no LFNA, de fato, filtram e impedem a deposição dos elementos filhos do radônio na superfície do detector, o que dificulta a detecção dos mesmos.

Esse resultado é importante porque os limites de radiação em ambientes, estabelecidos pelos órgãos competentes, têm como parâmetro a concentração de radônio. Logo, a detecção de partículas alfa provenientes do decaimento de outros elementos poderia superestimar a concentração do gás e, conseqüentemente, caracterizar ambientes de maneira equivocada em relação à sua posição dentro dos limites de radiação.

Portanto, as câmaras de difusão utilizadas nas pesquisas realizadas no LFNA, que estão relacionadas ao monitoramento da concentração de radônio em residências, são consideradas, a partir de uma análise qualitativa, eficazes dentro deste propósito.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e a CAPES pelo suporte financeiro e aos colegas do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN/CNEN) e do Laboratório de Física Nuclear Aplicada (LFNA-UTFPR) pela permanente assistência.

REFERÊNCIAS

CORREA, J.N.; PASCHUK, S.A.; DEL CLARO, F.; KAPPKE, J.; PERNA, A.F.N.; SCHELIN, H.R.; DENYAK, V. Measurements of indoor ²²²Rn activity in dwellings and workplaces of Curitiba (Brazil). **Radiation Physics and Chemistry**. v. 104, p. 104-107, nov. 2014. Disponível em:
<https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2014.05.007>.

ICRP - International Commission on Radiological Protection, 2009. **International Commission on Radiological Protection Statement on Radon**. ICRP ref 00/902/09. Disponível em:
[http://www.icrp.org/docs/ICRP_Statement_on_Radon\(November_2009\).pdf](http://www.icrp.org/docs/ICRP_Statement_on_Radon(November_2009).pdf)

ICRP - International Commission on Radiological Protection, 2010. **Lung Cancer Risk from Radon and Progeny and Statement on Radon**. ICRP Publication 115, Ann. ICRP 40(1). Disponível em: <https://doi.org/10.1093/rpd/ncs093>

LUBIN, J. H.; BOICE JR, J. D. Lung cancer risk from residential radon: meta-analysis of eight epidemiologic studies. **Journal of the National Cancer Institute**, v. 89, n. 1, p. 49-57, jan. 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jnci/89.1.49>

NIKEZIC, D.; YU, K. N. Formation and growth of tracks in nuclear track materials. **Materials Science and Engineering: R: Reports**, v. 46, n. 3-5, p. 51-123, jul./set. 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.mser.2004.07.003>

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION et al. **WHO handbook on indoor radon: a public health perspective**. World Health Organization, 2009. Disponível em:
https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44149/9789241547673_eng.pdf;jsessionid=3DEF463442AFC913BBE90DCADD385B4C?sequence=1