

# HISTÓRICO DO GRUPO DE CRONOLOGIA DA UNICAMP NA DETECÇÃO DE RADÔNIO (E DESCENDENTES) : UM GÁS RADIOATIVO PRESENTE EM AMBIENTES DE CONVÍVIO HUMANO E OS DESAFIOS PARA A MEDIÇÃO DOS SEUS DANOS À SAÚDE PÚBLICA

Palavras-Chave: Radônio, Detecção, CR-39

**Autores/as:**

**João Pedro Sodré, IFGW, UNICAMP**

**Prof. Dr. Julio Cesar Hadler Neto (orientador) IFGW, UNICAMP**

**Arnaldo Luis Lixandrao Filho (coorientador) IFGW, UNICAMP**

## INTRODUÇÃO:

O radônio é um gás radioativo que pode ser encontrado nas rochas e na terra e conseqüentemente em materiais de construção civil. Por ser um gás nobre e ter meia-vida relativamente longa (3,83 dias) ele pode se difundir para ambientes internos de moradias, por exemplo; esse processo pode ser acelerado se as paredes de construções contiverem fissuras, rachos, etc. O radônio (Rn-222), é um emissor alfa e é um dos isótopos da série de decaimentos do Urânio-238. Além do radônio, outros dois emissores alfa de meia-vida curta, o Polônio-218 (Po-218) e o Polônio-214 (Po-214), também fazem parte dessa série. Esses dois radioisótopos são elementos considerados metálicos e podem se ligar facilmente a aerossóis e materiais das paredes dos ambientes internos. Quando se inala o ar de um ambiente interno, o Rn-222 entra e sai das vias respiratórias com o fluxo de ar, porém, os

átomos de Po-218 e Po-214 têm a tendência de se acumular nas vias respiratórias, sendo os principais responsáveis pela dose de radiação alfa em ambientes frequentados por seres humanos. Desta forma, a medida de Po-214 e Po-218 em ambientes interiores é de grande importância. O problema é que a distribuição espacial destes emissores alfa não é uniforme, o que traz grandes complicações.

A contaminação do radônio e seus filhos é uma grande preocupação para agências internacionais de saúde. Segundo as quais acredita-se que, nos EUA, cerca de 20.000 mortes anuais devido à incidência de câncer no aparelho respiratório se devem, nos dias atuais, à contaminação de Rn-222 e filhos (Paulo, 1991). Isso porque estudos mostram que ela representa mais da metade da radiação natural à qual o ser humano está exposto. (Zeeb, 2011; UNSCEAR, 2000; UNSCEAR, 2006; EPA, 2009).

Para detectar radônio e seus produtos de decaimento, usamos um método chamado detecção passiva. Nesse método, os detectores são colocados no ambiente por um longo período de tempo, geralmente meses, para medir a atividade média do radônio. Os detectores mais comuns para essa finalidade são os Detectores De Traços Nucleares ( Do inglês Solid State Nuclear Track Detectors, SSNTD).

Um material comumente usado para detecção passiva de radônio e filhos é uma lâmina de um policarbonato, batizado como CR-39. Ele é feito do mesmo material usado em lentes de óculos. Quando partículas carregadas atingem a superfície do CR-39, elas danificam a estrutura do material, criando trajetos de danos conhecidos como traços latentes. Esses traços têm comprimentos da ordem de 10  $\mu\text{m}$  e largura na faixa de nanômetros. Submetendo o detector a um tratamento químico adequado estes traços podem ser observados ao microscópio óptico.

Este trabalho tem como objetivo apresentar um histórico resumido de alguns estudos do grupo de Cronologia da Unicamp na área de radônio e filhos, bem como seus resultados e os desafios futuros a serem superados de modo que possamos ter como resultado doses a que pessoas são sujeitas em unidades de milisievert/ano (em vez dos costumeiros resultados dados em mili becquerel/ $m^3$ , que só se referem ao gás radônio)

## **METODOLOGIA:**

A metodologia adotada neste estudo seguiu a linha de uma revisão histórica simplificada de trabalhos previamente publicados pelo grupo de Cronologia. A revisão histórica foi realizada com o objetivo de documentar o desenvolvimento na área de radônio e expor os principais achados e avanços do grupo de cronologia ao longo do tempo.

A primeira parte do estudo se concentrou na tese “Dosimetria ambiental de Rn-222 e filhos: Medida da eficiência absoluta do CR-39 levando-se em conta os efeitos do Plate-out e fatores ambientais”, de Sergio Roberto de Paulo, 1991. Essa tese foi feita com objetivo de se medir a atividade de radônio no ar e a atividade dos filhos tanto no ar, quanto aqueles que estão depositados sob superfície do detector. Os filhos que estão no ar são aqueles que seriam inalados durante a respiração e que seriam os responsáveis pela dose produzida por esta contaminação.

Outra parte do estudo foi aprofundada a partir da dissertação de mestrado de Pereira, L. A, 2014. Sabendo que grande parte da população do planeta vive em ambientes ou não ventilados, ou mal ventilados, fez-se a hipótese em que radônio e filhos em ambientes de convívio humano se distribuem espacialmente governados pela Lei de Fick da difusão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A medição da atividade dos filhos do radônio-222 não é uma tarefa fácil. Uma das dificuldades está relacionada ao fenômeno conhecido como “plate-out”. De acordo com Paulo (1991), quando um átomo filho do radônio-222, ligado ou não a um aerossol, colide com um material, há uma probabilidade de que ele se deposite nesse material devido às suas propriedades eletrostáticas. Isso faz com que os materiais presentes no ambiente atuem como “absorvedores” dos filhos do radônio, resultando na deposição desses átomos sobre as superfícies dos materiais. Esse processo é conhecido como “plate-out” e leva a uma diminuição na quantidade de filhos do radônio no ar próximo às superfícies dos materiais. A concentração dos filhos diminui à medida que a distância da superfície em questão diminui. É importante ressaltar que a presença do próprio detector, que também é uma superfície material, influencia a medida dessa contaminação, gerando um efeito chamado de “auto plate-out”. Isso torna a medição da atividade dos filhos do radônio utilizando um detector de traços uma tarefa desafiadora, pois a distribuição espacial dos filhos do radônio próxima ao detector se torna não uniforme. Essa complexidade na distribuição espacial e nas medições representa um desafio na análise de contaminação por filhos do radônio (Paulo, 1991).

Foi proposta uma geometria de placas paralelas, como mostrado na Figura 1. Em princípio, o radônio-222 e seus filhos entram

entre as placas, mas a montagem tem dimensões de tal forma que os filhos do radônio não chegam ao centro, ficando retidos nas paredes da montagem. Apenas o radônio chega ao centro e lá decai em seus filhos. Assim, os detectores colocados no centro da montagem detectam as partículas alfa emitidas pelos filhos grudados na placa oposta e na parede dos próprios detectores. Como a distância entre as placas é muito pequena, tem-se uma geometria de filme fino (sem auto absorção), como consequência disto, os detectores no centro da montagem registram as atividades do radônio e dos seus dois filhos em equilíbrio de atividade, tornando então possível a medida do radônio, Rn-222 separadamente. Os detectores CR-39 colocado na montagem no lado externo da montagem vão detectar 3 frações: 1) O radônio no ar; 2) Os filhos no radônio no ar; 3) Os filhos do radônio depositados sobre a superfície do detector (auto plate-out). Como o detector interno registrou o gás radônio, pode-se extrair estas contagens do detector externo. A separação do que são filhos no ar e filhos auto depositados se dá pelo tamanho dos traços, já que eles devem aparecer aproximadamente em duas Gaussianas bem separadas.

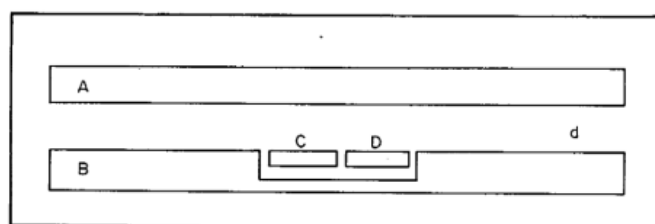


Figura 1: Geometria de Placas Paralelas tirada de Paulo (1991). O valor de  $d$  é a distância entre as placas (A e B), C e D são detectores

2000), variando entre 0,8 e aproximadamente 3 mSv/ano.

A feitura de um trabalho sobre o histórico da pesquisa do Grupo de Cronologia da Unicamp sobre a contaminação do ar ambiental por radônio e filhos tem sentido porque esta é uma tarefa difícil, evitada pela grande maioria dos pesquisadores desta área, que concentram esforços na medida só do gás radônio, que não é o contaminante. A tese de Paulo (1991) traz um procedimento para a medida tanto do gás radônio quanto dos dois filhos emissores alfa. Na prática, a aplicação desta metodologia acabou tendo resultados que não funcionaram por problemas ocorridos durante estas exposições. O trabalho de Lucas (2014) constitui um avanço em relação ao de Paulo (1991), com resultados preliminares bastantes consistentes. Cabe ao nosso grupo e outros interessados se aprofundarem nesta linha. Mais um aviso final é importante, é praticamente impossível se medir radônio e os dois filhos emissores alfa separadamente com precisão, de forma simples e rápida, as metodologias necessitam de exposições longos períodos de tempo e medidas detalhadas de contagens e caracterização de traços de partículas alfa.

No estudo de Pereira, L. A (2014), resolvendo a distribuição de radônio e filhos propostos por Paulo (1991), com a aproximação de detectores esféricos, pode-se obter uma relação entre o número de partículas alfa registradas em função do tempo que variam na relação linear com o diâmetro dos detectores (aproximados por detectores circulares no tratamento matemático). Essa linearidade foi verificada para diversos sistemas de detecção colocados em 14 salas, sendo que este sistema de detecção continha um detector do gás radônio (NRPB-SSI) e diversos detectores de CR-39 de diferentes raios. Essa linearidade experimentalmente verificada mostra que na maioria dos ambientes estudados, radônio e filhos se distribuem segundo a Lei de Fick. O que significa que radônio e seus filhos estão em equilíbrio de atividades, abrindo assim caminho para a detecção tanto do gás radônio quanto seus dois filhos emissores alfas, e tornando possível a determinação da dose de radiação em mSv/ano que está contaminação produz.

Foram realizadas medições em salas do IFGW e em casas na região de Campinas durante vários meses. A partir dessas medições, foi possível determinar a fração de atividades dos filhos do radônio no ar em equilíbrio com o radônio e, a partir desse resultado, estimar uma dose de radiação utilizando o Fator de Conversão de Dose padrão utilizado em documento da UNSCEAR (2006). A dose obtida é compatível com resultados internacionais, que é de 2,4 mSv/ano (Yasutaka Omori, 2020; UNSCEAR

## BIBLIOGRAFIA

- Paulo, S. R., “**Dosimetria ambiental de Rn-222 e filhos: medida da eficiência absoluta do CR-39 levando-se em conta os efeitos do plate-out e fatores ambientais**”, Tese de Doutorado, IFGW, Unicamp (1991)
- Pereira, L. A.” **Utilização do Detector CR-39 de Diferentes Tamanhos para a Detecção de Filhos do Radônio em Ambientes com Baixa Ventilação, Ano de Obtenção**”, Tese de Mestrado, IFGW, Unicamp (2014)
- Environmental Protection Agency (EPA), “**A Citizen’s Guide to Radon: The Guide to Protecting Yourself and Your Family from Radon**”, Disponível em: . Acesso em: abr. 2014. (2009)
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), “**Sources and Effects of Ionising Radiation: Report to the General Assembly**”, Vienna: United Nations (2000)
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), “**Effects of Ionizing Radiation: Report to the General Assembly, with Scientific Annexes**”, Volume II, Annex E, Vienna: United Nations (2006)
- Yasutaka Omori et al 2020 J. Radiol. Prot. 40 R99
- NEMAN, Rodrigo Silvestre. “**Medida separada de Radônio-222 e de seus filhos no ar: monitoração na cidade de Poços de Caldas-MG e comparação de atividades envolvendo 2 outras técnicas de medida de Rn-222 no ar.**” 2004. 136 p. Tese (doutorado) - UNICAMP, IFGW , Campinas, SP
- Zeeb, H., “**Exposure Guidelines and Radon Policy**”, In: Encyclopedia of Environmental Health, J. O. Nriagu (Ed.), Elsevier B. V., 624-629 (2011)