

Avaliação de concentrações de radônio 222 no ar em estudos brasileiros

Matheus Heleno Vanderlei Grismino¹
Maria Teresa de Jesus Camelo Guedes²
Rayssa de Lourdes Carvalho Marinho do Rêgo Catão³
Andréa Carla Lima Rodrigues⁴
Patrícia Hermínio Cunha Feitosa⁵

RESUMO

O radônio 222, descendente do urânio 238, é um gás nobre considerado um poluente onipresente no ar. Possui uma meia vida de 3,82 dias e é foco de preocupações de saúde pública, uma vez que se inalado pode ocasionar câncer de pulmão e câncer de estômago. Assim, o objetivo deste trabalho é avaliar as concentrações de Radônio 222 no ar em estudos brasileiros, comparando com padrões estabelecidos pela OMS (Organização Mundial de Saúde). O presente artigo utilizou como processo para sua construção uma pesquisa de natureza bibliográfica e documental, na qual será avaliada as médias de concentração de radônio 222 no ar do Brasil. Foram selecionados 34 artigos publicados em periódicos e selecionados de acordo com os critérios pré-estabelecidos nesta pesquisa. Por fim foram utilizados 11 artigos, aos quais obtinham resultados quantitativos de médias de concentrações de Radônio 222. Dos resultados avaliados das concentrações de Radônio 222 no ar do Brasil, cerca de 44% das amostras ultrapassaram o padrão máximo permitido pela OMS. As maiores concentrações de Radônio 222 registrados foram nos estados de Minas Gerais e São Paulo. Não foi identificado nenhum estudo de avaliação de Radônio 222 no ar da região Norte e Nordeste do Brasil. Considerando a grande extensão territorial do Brasil, foi identificada a escassez de estudos que avaliem a presença de Radônio 222 no ar, sendo um tema bastante importante, devido a relevância que obtém para a saúde pública.

Palavras-chave: Radônio 222 no ar; Concentração de radônio 222, Radônio.

1. INTRODUÇÃO

Os seres humanos encontram-se constantemente expostos a fontes de radiação, seja por fontes naturais ou artificiais, através de exames médicos, da inalação, ingestão de alimentos e água ou através da indústria nuclear. Entretanto, as fontes naturais são inevitáveis, cabendo

¹ Graduando do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, matheusgrismino@gmail.com;

² Graduanda pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande- UFCG, mteresag13@hotmail.com;

³ Doutoranda do Curso de Pós-graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, rayssamcarvalho@hotmail.com;

⁴ Professora Dra. do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande- UFCG, andreaufcg@gmail.com;

⁵ Professor orientador: ⁵Prof.(a) Dra. do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande- UFCG, phcfeitosa@outlook.com.

destacar a radiação gerada pelo radônio 222, uma das responsáveis pela maior parte de radiação natural que o homem está exposto.

O radônio 222, descendente do rádio 226, que por sua vez, é proveniente do urânio, é um gás nobre considerado um poluente onipresente no ar. Por apresentar uma meia vida de 3,82 dias, é foco das preocupações de saúde pública, uma vez que esse tempo é suficiente para contaminar o ar atmosférico, trazendo risco à saúde (OLIVEIRA, 2013).

O radônio pode ser encontrado nas rochas, no solo, no ar e na água assim como em materiais de construção (TAYLOR & TAYLOR, 1997). Por ser um gás, o radônio produzido no interior de rochas e solos difunde-se com facilidade por meio de fissuras, tubulações, buracos e lençóis freáticos, alcançando a superfície terrestre. Assim, altas concentrações de radônio 222 podem ocorrer em ambientes fechados ou pouco ventilados e, assim, representar risco potencial à saúde da população que frequenta ou vive nesses locais. (OLIVEIRA, 2013)

Uma vez ingerido ou inalado, o radônio pode causar danos aos tecidos e órgãos do corpo. Assim, os indivíduos expostos, seja por ingestão ou inalação, estão mais susceptíveis a câncer de pulmão, estômago e leucemia (HOPKE et al., 2000; TABASSUM 2012). De acordo com a United States Environmental Protection Agency (USEPA), o radônio é o agente causador de 21.000 casos de morte por ano por câncer de pulmão nos Estados Unidos, perdendo apenas para o tabagismo.

Dessa forma, é imprescindível o estudo da radiação gerada pelo radônio de modo a conhecer os impactos da exposição na vida das pessoas. Muitos trabalhos sobre o tema estão sendo desenvolvidos no mundo todo. Entretanto, no Brasil, os estudos foram iniciados recentemente e são escassos. Esse é o motivo pelo qual pouco se conhece sobre as concentrações de radônio no Brasil.

Isto posto, é importante fazer um levantamento de dados de concentração de radônio em diferentes locais do país. Assim, o objetivo deste trabalho é avaliar as médias de concentrações de Radônio 222 no ar do Brasil, comparando com padrões estabelecidos pela OMS (Organização Mundial de Saúde).

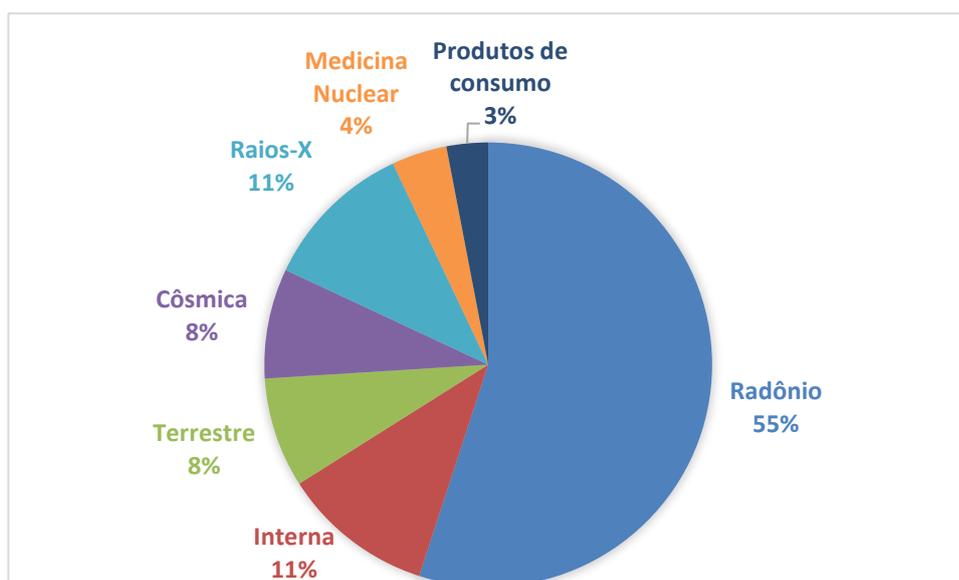
2. DESENVOLVIMENTO

2.1- Radiação no meio ambiente

O homem e o meio ambiente sempre estiveram sujeitos à radiação ionizante, sendo continuamente expostos à radiação proveniente do espaço, dos radionuclídeos presentes no solo ou em alimentos, água e ar por ele consumidos. A liberação de radiação, através de atividades antropogênicas, como utilização de reatores nucleares, pode contribuir no aumento dos níveis de radioatividade no meio ambiente, aumentando a taxa de radiação dos indivíduos expostos, podendo atingir valores significativos (OLIVEIRA, 2013).

Apesar disso, a maior parte da dose de radiação recebida pela população mundial provém de fontes naturais. Na Figura 1, tem-se o percentual de exposição do homem nos Estados Unidos a fontes naturais e artificiais de radiação.

Figura 1 - Percentual de exposição à radiação pelo homem



Fonte: Corrêa (2011) adaptado de UNSCEAR (2000)

Através da Figura 1, percebe-se que o radônio apresenta a taxa mais alta nos Estados Unidos de radiação que o ser humano está exposto. Esse gás é radioativo, inodoro, insípido e incolor e suas partículas podem ser inaladas, através do ar, ou ingeridas por meio da água. Além disso, segundo a ANL (Argonne National Laboratory), há evidências que a inalação do radônio

traz prejuízos significativos à saúde humana, por ser esse elemento o único da cadeia de decaimento do urânio a se apresentar na natureza sob a forma de um gás radioativo.

2.2- O que é o Radônio 222?

O isótopo radônio 222 é um gás nobre responsável por aproximadamente metade das doses de radiação de ocorrência natural, sendo considerado um poluente onipresente no ar. Surge do decaimento radioativo do urânio 238 que é um elemento químico naturalmente radioativo que “decai” ao longo dos anos se transmutando em outros elementos, em uma estrutura denominada série de decaimento radioativo.

O radônio 222 é descendente do rádio 226 que é descendente do urânio 238. O rádio 226 é um radionuclídeo que tem meia-vida longa de 1600 anos, diferentemente do radônio 222, que é foco das preocupações de saúde pública devido à sua meia-vida de apenas 3,82 dias, tempo suficiente para contaminar o ar atmosférico e trazer risco à saúde (OLIVEIRA,2013).

O radônio 222 é um gás que se difunde pelos poros das rochas, desgaseificando quando em contato com o ar. Já em contato com as águas subterrâneas, consegue percorrer grandes distâncias, e tem a capacidade de se concentrar na fase aquosa. Assim, o radônio 222 é encontrado em diferentes concentrações nas águas subterrâneas e está em equilíbrio com o rádio 226. Entretanto, esse equilíbrio depende de alguns fatores, como o conteúdo de rádio 226, do tipo de rocha do aquífero e das características físico-químicas das águas (GASCOYNE,1998).

O radônio é um elemento difícil de ser removido da atmosfera uma vez que é um gás quimicamente inerte. (MAFRA,2011). A concentração do mesmo varia de acordo com alguns fatores, como posição geográfica, cobertura de gelo no solo, fatores meteorológicos e estação do ano (MAGILL *et al.*, 2005; TAUHATA *et al.*, 2003; KNOLL, 1989; FROEHLICH, 2010).

2.3- Limites máximos estabelecidos de concentrações de Radônio 222 no Brasil e no mundo

Em relação aos valores máximos estabelecidos para o radônio 222, a EPA (2000), estabelece um valor de 11,1 Bq/L. Esse valor está relacionado à contribuição provável das águas para os ambientes.

Já a comissão europeia (COMMISSION RECOMMENDATION, 2001) recomenda um valor de 100 Bq/L, tendo como valor limite para intervenção 1.000 Bq/L, considerando que o

radônio presente nesta água é ingerido e também inalado quando liberado para o meio ambiente. Esse valor está relacionado a uma limitação *indoor* de 200 Bq/L.

Por outro lado, a Organização Mundial de Saúde (OMS) estabelece um valor de 100 Bq/L de radônio 222 na água potável.

Quando presente no ar, de acordo com os padrões impostos pela WHO, os limites de Radônio 222 máximo permitido é de 100 Bq/m³ (WHO 2008).

3.0-METODOLOGIA

O presente estudo utilizou como processo para sua construção uma pesquisa de natureza bibliográfica e documental, na qual foi avaliada as médias de concentração de radônio 222 no ar do Brasil. Para isso, foram selecionados artigos publicados em periódicos que abordaram a temática em questão.

Durante o mês de outubro de 2019 foi realizado um levantamento bibliográfico no Google Acadêmico, utilizando como palavras-chave para a busca as palavras: Radônio 222 no ar e concentração de radônio 222.

Foram avaliados 34 artigos utilizando tais palavras chave, nos quais era de interesse encontrar informações sobre os parâmetros médios de radônio 222 avaliados. Destes, foi realizada uma seleção dos artigos a partir da leitura de seu título e resumo; foram excluídos 23 artigos que tratam de concentrações de radônio na água, em materiais de construção, no solo e em minas de carvão. Os artigos selecionados foram os que tratam de concentrações de radônio 222 no ar e apresentam resultados quantificados.

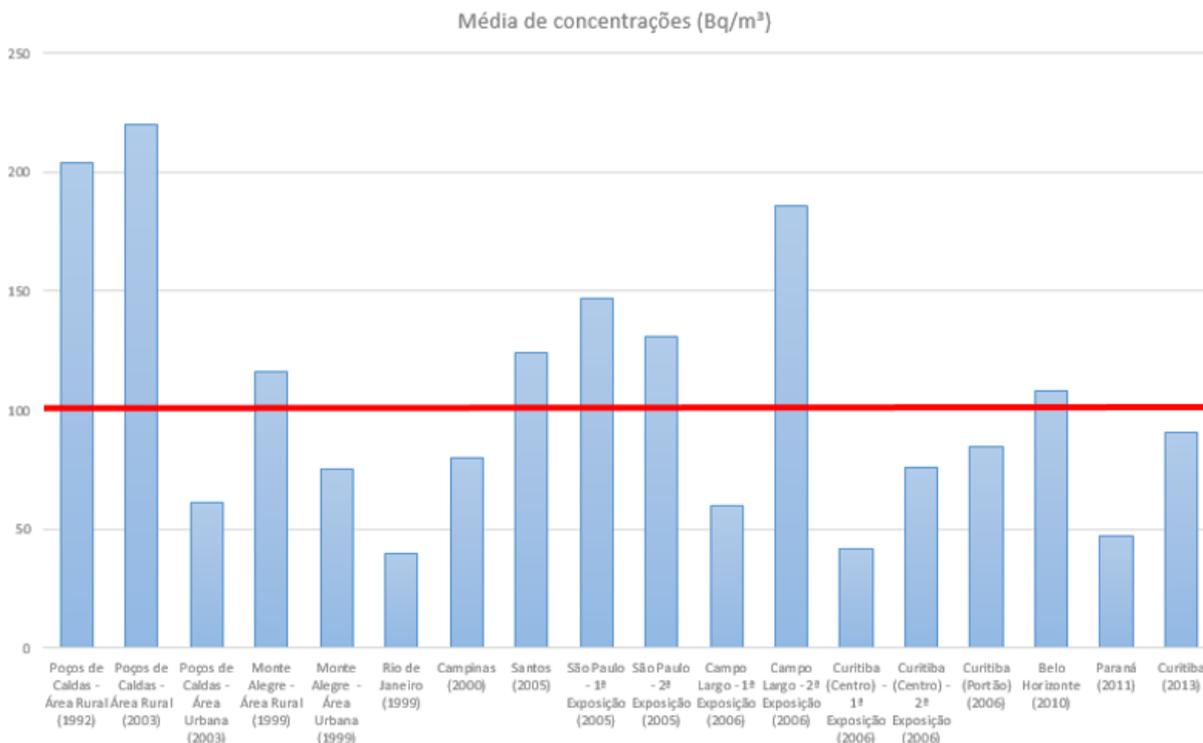
Foram selecionados ao final 11 artigos, dos quais foram retiradas informações acerca do nome do autor, ano de publicação, valores médios de concentração de radônio 222 e local das medições. As informações foram utilizadas na confecção de uma tabela com os resultados obtidos.

Os valores das médias de concentrações de radônio 222 no ar, foram elencados e comparados com o padrão estabelecido pela OMS, de 100 Bq/m³.

4.0- RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta os resultados médios de concentrações de radônio 222 obtidos nos 11 artigos selecionados. A linha vermelha representa o padrão estabelecido pela OMS, de 100 Bq/m³.

Figura 2 - Média de concentrações de radônio 222 no ar (Bq/m³)



Fonte: *Autoria Própria*

Dentre os artigos analisados, o estado que obteve a maior concentração de radônio 222 foi Minas Gerais, na cidade de Poços de Caldas. Dois autores fizeram análises na região de Poços de Caldas: Amaral, em 1992 e Veiga, em 2003.

No estudo de Veiga, et. al. (2003), que obteve o maior valor dentre todos os artigos, foram avaliadas 68 casas na zona urbana e 19 casas na zona rural. A média de concentrações na área rural foi superior à média de concentrações na área urbana, sendo 220 Bq/m³ e 61 Bq/m³, respectivamente. Nota-se que, na zona rural as médias de concentrações foi maior que o padrão estabelecido pela OMS. Entretanto, na área urbana, os valores foram menores que o padrão estabelecido pela OMS.

Também na região de Poços de Caldas, Amaral, et. al. (1992) avaliou as concentrações médias de radônio 222 no ar da zona urbana e da zona rural. A média de concentrações foi de 204 Bq/m³, o dobro do estipulado pela OMS.

Os estudos nas cidades de Santos, São Paulo, Belo Horizonte e Campo Largo também apresentaram valores acima de 100 Bq/m³, excedendo o padrão estabelecido pela OMS.

Para o desenvolvimento do estudo sobre medidas de concentrações de radônio 222 no ar na cidade de Santos, Geraldo *et.al.* (2005) expôs em 25 ambientes um detector composto de folhas plásticas de Filme Detector Makrofol E (200 mm de espessura) dentro de um recipiente de polietileno com uma abertura em sua parte superior, coberta por um filtro de papel para captação do gás radônio a ser monitorado. As folhas plásticas irradiadas com as partículas alfa proveniente do decaimento do radônio passaram por um processo químico que permitiu a determinação do número de traços por unidade de área da folha de Makrofol e possibilitando, dessa forma, a medida das concentrações de radônio 222. A exposição dos detectores foi realizada durante o período de 90 dias. A média de concentrações encontradas em residências foi de 124 Bq/m³, valor acima do padrão estabelecido pela OMS.

No estudo de Silva (2005) que foi realizado na cidade de São Paulo, as medições de concentração de radônio 222, foram avaliadas em 170 residências em duas exposições, possuindo um período de seis meses cada. A primeira exposição resultou em uma média de concentrações de 147 Bq/m³. A segunda exposição resultou em uma média de concentrações de 131 Bq/m³. Nas duas exposições os valores médios de concentrações encontraram-se acima de padrão estabelecido pela OMS.

Na região de Belo Horizonte, Santos (2010) desenvolveu o estudo para medição das concentrações de radônio 222 no ar através de câmaras de ionização de eletretos E-PERM (SST) em um total de 540 residências. A média de concentrações obtida foi de 108 Bq/m³, valor um pouco acima do padrão estabelecido pela OMS.

Em sua dissertação de mestrado, Corrêa (2006) estudou as concentrações de radônio nas cidades de Curitiba e Campo Largo. A primeira exposição na cidade de Campo Largo resultou em uma média de concentrações de radônio 222 de 60 Bq/m³, enquanto a segunda exposição resultou em uma média de concentrações de 186 Bq/m³, o terceiro maior valor encontrado dentre todos os artigos analisados. Em Curitiba foram feitas duas exposições na região do Centro e uma no bairro Portão; e em Campo Largo foram feitas duas exposições. Em cada umas das exposições foram feitas as medições em 69 ambientes. A primeira exposição no Centro de Curitiba resultou em uma média de concentrações de radônio 222 de 42 Bq/m³, valor menor

que o encontrado na segunda exposição, que foi de 76 Bq/m³. No bairro Portão, a média de concentrações de radônio 222 foi de 85 Bq/m³.

A cidade de Curitiba também foi alvo de análises no estudo de Del Claro (2013). Nele foram avaliados as concentrações de radônio 222 no ar em 58 postos de trabalho. A média de concentrações obtida foi de 90,9 Bq/m³, abaixo do padrão estabelecido pela OMS.

O município de Monte Alegre, no Pará, é um dos que também possuem estudos relacionados a concentrações de radônio 222. Foram instalados detectores em 35 residências na área rural e 87 residências na área urbana. Melo (1999) verificou uma média de concentrações para as áreas rural e urbana de 116 Bq/m³ e 75 Bq/m³, respectivamente. Comparando com o padrão estabelecido pela OMS, verifica-se que a área rural se encontra acima do limite permitido, enquanto as concentrações encontradas na área urbana encontram-se abaixo do limite permitido.

No Rio de Janeiro, o estudo acerca de concentrações de radônio 222 foi desenvolvido por Magalhães (1999). A média de concentrações medida foi de 40 Bq/m³, valor que está abaixo do padrão estabelecido pela OMS

Neman (2000) mediu as concentrações de radônio 222 no ar em 70 residências utilizando detectores plásticos (CR-39) em dois turnos, um no verão e um no inverno. Nas medidas realizadas no período de verão, a média de concentrações foi de 77,63 Bq/m³, valor menor que o medido no período de inverno, que obteve média de 86,29 Bq/m³. Tanto no verão quanto no inverno, as médias de concentrações de radônio 222 esteve dentro do padrão estabelecido pela OMS.

Foi também realizado um estudo abrangendo todo o estado do Paraná pro Corrêa (2011) em sua tese de doutorado. Os valores de média de concentrações de radônio 222 obtidos foi de 47 Bq/m³, abaixo do padrão estabelecido pela OMS.

Entre os 11 artigos analisados, houveram 18 análises de concentrações de radônio no ar. Dentre essas análises, 8 encontram-se acima de 100 Bq/m³ e 10 encontram-se abaixo de 100 Bq/m³.

5.0- CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Dos resultados avaliados das concentrações de Radônio 222 no ar do Brasil, cerca de 44% das amostras ultrapassaram o padrão máximo permitido pela OMS.
- As maiores concentrações de Radônio 222 registrados de acordo com os estudos avaliados nesta pesquisa, foi na zona rural de Poço de Caldas-MG, registrando valores que extrapolam o dobro do valor máximo permitido pela OMS.
- Em todas as análises realizadas no estado de São Paulo e Minas Gerais foram constatadas concentrações que extrapolaram o valor máximo permitido pela OMS.
- As análises realizadas nos estados do Rio de Janeiro, Curitiba e Paraná obtiveram concentrações de Radônio 222 no ar, porém abaixo do valor máximo permitido, não gerando riscos à saúde desta população residente.
- Foi identificado, considerando a grande extensão territorial do Brasil, a escassez de estudos que avaliem a presença de Radônio 222 no ar, sendo um tema bastante importante, devido a relevância que obtém para a saúde pública.
- Não foi identificado nenhum estudo de avaliação de Radônio 222 no ar na região Norte e Nordeste do Brasil.

6.0- REFERÊNCIAS

AMARAL, E.C.S. **Modificação da Exposição à Radiação Natural Devido a Atividades Agrícolas e Industriais numa Área de Radioatividade Natural Elevada No Brasil.** 1992. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação do Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1992.

ArgonneNationalLaboratory - ANL. **RadiologicalandChemicalFactSheetstoSupport Health RiskAnalyses for ContaminatedAreas; Human Health FactSheet: Uranium,** 2005. Disponível em: <https://www.remm.nlm.gov/ANL_ContaminantFactSheets_All_070418.pdf>. Acesso em 26 de outubro de 2019

CORRÊA, J.N. **Avaliação da concentração de gás radônio em ambientes de convívio humano na região metropolitana de Curitiba.** 2006. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Materiais. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2006.

CORRÊA, J.N. **Avaliação dos níveis de concentração de radônio em ambientes e águas de poços no estado do Paraná.** 2011. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

DA SILVA, A.A.R. **Radônio e filhos em residências da Cidade de São Paulo.** 2005. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação do Instituto de Física, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

DEL CLARO, Flávia. **Avaliação da concentração de radônio-222 no ar de postos de trabalho de Curitiba/PR.** 2013. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

EPA – Environmental Protection Agency. **Building Radon Out: A Step-by-Step Guide on How To Build Radon Resistant Homes.** Office of Air and Radiation, 2011.

FROEHLICH, Klaus. **Radioactivity in the Environment.** V. 15. Austria : Ed. Elsevier, 2010.

GASCOYNE, M.1989, **High Levels of Uranium and Radium in Ground Waters**, Canada's Underground Research Laboratory, Lac du Bonnet, Manitoba, Canada, Applied Geochemistry,4, 557-591.

GERALDO, L. P.; SANTOS, W.; MARQUES, A. L.; BOTARI, A. **Medidas dos níveis de radônio em diferentes tipos de ambientes internos na região da Baixada Santista, SP.** Radiologia Brasileira, v. 38, n 4, p. 283-286, 2005.

KNOLL, G.F. **Radiation Detection and Measurements.** 2 ed. New York: John Wiley, 1989.
MAFRA, Karina Cristina,2011. **Medidas de concentração de radônio 222 em água de poço e solo da região do Pinheirinho em Curitiba e proposta de mitigação da água.** 2011. Dissertação. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2011.

MAGALHÃES, M.H. **Dinâmica do Radônio no Ar em Ambientes Tropicais.** 1999. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1999.

MAGILL, Joseph; GALY, Jean. **Radioactivity, Radionuclides, Radiation**. Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg and European Communities, 2005.

MELO, V.P. **Avaliação da Concentração de Radônio em Residências do Municípios de Monte Alegre – PA**. 1999. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação do Instituto de Biofísica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1999.

NEMAN, R.S. **Medida da contaminação radioativa do ar ambiental por radônio-222 e filhos em residências de Campinas – SP, Brasil**. 2000. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação do Instituto de Física “Gleb Wataghin”, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2000.

OLIVEIRA, Wilker Herkson de Almeida. **Exposição ao radônio em ambiente residencial e câncer de pulmão: uma revisão de literatura**. 2013. Monografia. Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2013.

SANTOS, T.O. **Distribuição da concentração de radônio em residências e outras construções da Região Metropolitana de Belo Horizonte**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação do Departamento de Energia Nuclear, Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais, 2010.

TABASSUM, S. **Measurement of annual effective doses of radon from drinking water and dwellings by CR-39 track detectors in Kulachi City of Pakistan**. J. Basic Appl. Sci. 8, 528–536, 2012.

TAUHATA, Luiz e ALMEIDA, Elizabeth Santos de. **Radiações Nucleares: Usos e cuidados**. Rio de Janeiro: Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN, 1984.

Taylor DM, Taylor SK. **Environmental uranium and human health**. Rev Environ Health, v. 12, n. 3, p. 147-57, Jul-Sep 1997.

VEIGA, L.H.S; KOIFMAN, S.; MELO, V.V.; SACHET, I., AMARAL, E.C.S. **Preliminary indoor radon risk assessment at the Poços de Caldas Plateau, MG – Brazil**. Journal Environmental Radioactivity, 2003.

WHO - World Health Organization. Guidelines for safe recreational water environments. 2, Swimming pools, Spas and similar recreational-water environments. WHO, Geneva, Switzerland 2004.